



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Bedeutung der Biodiversität pflanzlicher Lebensmittel und deren Wirkung
auf Mensch und Umwelt – Am Beispiel der Tomate
(*Solanum lycopersicum*)

Verfasser

Walter Krenn

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt:	A 474
Studienrichtung lt. Studienblatt:	Diplomstudium Ernährungswissenschaften
Betreuer:	Univ.-Prof. Dr. Jürgen König

Danksagungen

Ein herzliches Dankeschön möchte ich an Univ.-Prof. Dr. Jürgen König richten, für die Übernahme und Betreuung meines Themas. Vielen Dank für die großartige Unterstützung und Beratung.

Des Weiteren ergeht mein Dank an Mag. Hanni Rützler. Danke für Deine Beratung und fachkundige Meinung bezüglich meiner Titelvorschläge.

Besonders wertvoll und auch zum Teil „mitschuldig“ für das Interesse auf dem Gebiet der Biodiversität ist mein ehemaliger Kochlehrer, Mentor und Freund Johann Reisinger. Du hast mich den wertschätzenden Umgang und die unglaubliche Vielfalt der pflanzlichen Lebensmittel gelehrt sowie die Techniken, diese möglichst unverfälscht und doch konzentriert im Geschmack auf den Teller zu bringen. Vielen Dank für die zahlreichen kulinarischen Erfahrungen und deine Freundschaft über die letzten 17 Jahre – mögen noch viele folgen.

Mein Dank gilt auch Dipl.-Ing. Wolfgang Palme für die überlassenen Tomatenfotos. Ich danke Dir für Deine Beratung und hilfreichen Tipps sowie dafür in direkten Kontakt mit der unglaublichen Sortenvielfalt von Melanzani, Gurken, Zwiebel u.v.m. im Rahmen der Schönbrunner Seminare zu kommen. Allen voran beeindruckte mich die Artenvielfalt der Tomaten, die vor einigen Jahren den Keim für diese Diplomarbeit darstellte.

Meine zutiefste Dankbarkeit gilt jedoch den beiden wichtigsten Menschen in meinem Leben. Meiner Frau Petra und unserer Tochter Rebecca. Liebe Petra, ich danke Dir aus tiefstem Herzen für das häufige Korrekturlesen und Deine kritischen Fragen und Anmerkungen zu dieser Arbeit. Unendlich großen Dank für Euer Verständnis, wenn mal wieder die gemeinsame Zeit viel zu kurz kam, Euren Rückhalt und Eure Liebe, die mir die Kraft gegeben hat, allen widrigen Umständen zu widerstehen. Danke, dass es Euch gibt!

Inhalt

1	Einleitung.....	8
1.1	Fragestellungen	12
1.2	Literaturüberblick	13
2	Bedeutung der Biodiversität	18
2.1	Geschichtliche Entwicklung	19
2.2	Exkurs: Bienen - Biodiversität und Ökonomie.....	23
2.3	Bodengesundheit.....	25
2.3.1	Nährstoffverarmung Gemüse/Obst.....	26
3	Gemüse und Obst	29
3.1	Biologischer vs. Konventioneller Anbau.....	29
3.1.1	DOK-Acker	31
3.2	Einfluss der Kulturform auf die Qualität der Tomaten	34
3.3	Ökologische Aspekte	36
3.3.1	Einfluss der Lagerung und Zubereitung auf den Nährstoffgehalt ..	37
3.4	Gemüse und Obst in der Prävention chronischer Erkrankungen	40
3.5	Die Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	43
3.5.1	Botanik	43
3.5.2	Herkunft – Die Wiege der Tomate	46
3.5.3	Taxonomie der Wildtomate	48
3.5.4	Stellung der Tomate in Europa.....	50
3.5.5	Inhaltsstoffe reifer Tomaten.....	51
3.5.6	Glykoalkaloide der Tomate.....	54
4	Carotinoide	56
4.1	Chemie der Carotinoide.....	57
4.2	Biosynthese der Carotinoide.....	58
5	Lycopin	61
5.1	Durchschnittliche Aufnahme des Lycopins	61

5.2	Chemie des Lycopins	65
5.2.1	Biosynthese des Lycopins.....	66
5.2.2	Lycopin-Metabolite	67
5.3	Pflanzenphysiologie.....	69
5.4	Gesundheitswirkungen des Lycopins	71
5.4.1	Antioxidative Wirkung des Lycopins.....	72
5.5	Lycopin in der Ernährung.....	76
5.5.1	<i>Elaeagnus umbellata</i> thunb. (Herbst-Ölweide).....	78
5.5.2	<i>Momordica cochinchinensis</i> (Gac-Frucht, Baby Jackfrucht).....	79
6	Conclusio	82
7	Zusammenfassung.....	86
8	Summary.....	87
9	Literaturverzeichnis	88
10	Lebenslauf.....	101

Tab. 1 Gemüse- und Obstverzehr; mod. nach Bofetta et al.(2010).....	15
Tab. 2 Evidenz Gemüse und Obst – Prävention chron. Erkrankungen.....	42
Tab. 3 Weltproduktion Tomate 2010.....	51
Tab. 4 Inhaltsstoffe Tomate, mod. nach USDA.....	52
Tab. 5 Tomate - Kohlenhydrate & Fette.....	52
Tab. 6 Tomate – Aminosäuren.....	52
Tab. 7 Tomate – Gehalt: Vitamine & Sekundäre Pflanzenstoffe.....	53
Tab. 8 Tomate - Mineralstoffgehalt	53
Tab. 9 Lycopinaufnahme; nach Maiani et al. (2009)	78

Abb. 1 DOK-Langzeitversuch, Schweiz, Aufteilung nach Anbau- und Düngungsform	32
Abb. 2 <i>S. lycopersicum</i>	43
Abb. 3 Tomatenblüte und Trichome des	44
Abb. 4 Querschnitt Tomate, Fruchtkammern	44
Abb. 5 Farbenvielfalt	46
Abb. 6 Kulturform (li.) versus Wildform (re.)	48
Abb. 7 Schema Carotinoid-Biosynthese	60
Abb. 9 Struktur Lycopin.....	65
Abb. 10 Struktur radioaktiv markiertes all-(E)-Lycopin und Apolycopinale.....	69
Abb. 11 MEP-Pfad der Pflanzen, Carotinoidsynthese.....	70
Abb. 12 Schema Quenching Singulett-sauerstoff.....	75
Abb. 13 <i>Elaeagnus umbellata</i> thunb.	78
Abb. 14 <i>Momordica cochinchinensis</i> (Gac).....	79

1 Einleitung

Die Ernährung des Menschen hat sich seit der Neolithischen Revolution, vor rund 12.000 Jahren, dramatisch verändert. Waren Humanoide zuvor als Jäger und Sammler auf ständige Nahrungsbeschaffung angewiesen, prägte die neolithische Ära den Ackerbau, später auch die Viehzucht, wodurch dem Menschen die Sesshaftwerdung offenstand.

Diese entscheidende Veränderung des Lebensstils kann als Initialisierung des Wandels bis zum Heute, in der industrialisierten Welt üblichen Lebensstils verstanden werden. War damals der Mangel an Nahrung ein stetiges Risiko, stellt für den heutigen Menschen das ständig im Überfluss verfügbare Nahrungsangebot, gepaart mit einer suboptimalen Lebensmittelauswahl, das größte ernährungsbezogene Risiko, neben dem der Bewegungsarmut, dar. Die Ernährung veränderte sich von hauptsächlich vegetarischer, ballaststoffreicher und vielseitiger Kost mit geringer Energiedichte, bei gleichzeitig hohem Energieverbrauch, zu relativ einseitigen hochkalorischen Speisen, die zudem meist zu viel Fett, Salz oder Zucker enthalten, wie es in vielen Fertigprodukten der Fall ist. Obwohl diese Entwicklung zur vornehmlich carniven, energiereichen Lebensweise eine sehr lange Zeit in Anspruch nahm und sich erst seit etwa Mitte des 20. Jahrhunderts massiv zu entwickeln begann, sind die negativen Folgen für die Gesundheit und der Lebensqualität, die dieser Wandel bis heute mit sich brachte, massiv.

Aufgrund unzulänglicher Ernährung sowie Bewegungsmangel nimmt die Prävalenz der Bevölkerung zu präadipösen beziehungsweise adipösen Befunden rasch zu, sodass bereits 19 Prozent der Kinder zwischen 6 und 15 Jahren in Österreich als übergewichtig bzw. 8 Prozent als adipös zu klassifizieren sind. Aufgrund der Lebensstil-prägenden Kindheit überrascht es nicht, dass sich die Zahlen im Erwachsenenalter noch dramatischer darstellen. In der Gruppe der 18-65-jährigen beläuft sich der Anteil der Übergewichtigen auf 42 Prozent, 11 Prozent gelten als adipös. (ELMADFA, et al., 2009)

Schätzungen der WHO zufolge, leiden weltweit bereits etwa 1,4 Milliarden Personen an Übergewicht, etwa 500 Millionen Menschen (Männer: 200 Millionen, Frauen: 300 Millionen) und 40 Millionen Kinder an Adipositas. (WHO, 2012)

Übergewicht und Adipositas sind signifikant assoziiert mit der Entwicklung weiterer chronischer Erkrankungen wie beispielsweise chronische Erkrankungen des Respirationstrakts, bösartige Neubildungen, Hypertonie, kardiovaskuläre Erkrankungen, Artherosklerose, Diabetes mellitus Typ 2 (DM2) oder maligne Neoplasien. (WHO, 2008)

Für folgende Tumorarten gilt ein evidenter Zusammenhang mit Übergewicht: Endometriumkarzinom, Kolorektal-, postmenopausale Mamma- und Nierenzellkarzinom sowie für Adenokarzinome des Ösophagogastralen Übergangs. (WCRF, 2012)

Als Folge des ungesunden Lebensstils stellen dieser Tage nicht übertragbare Erkrankungen (NCD) weltweit die häufigsten Todesursachen in der Bevölkerung dar und sind somit zentrales Thema der Gesundheitspolitik.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) stellte fest, dass sich im Jahre 2005 weltweit vier dieser Krankheitsbilder (CVD, Krebs, DM sowie respiratorische chronische Erkrankungen) für die Letalität von schätzungsweise 35 Millionen Menschen verantwortlich zeichneten. Dies entspricht rund 60 Prozent aller Todesfälle. (WHO, 2008)

Die Zahlen haben sich statistisch bis 2008 nicht besonders stark verändert (36 Millionen Todesfälle) jedoch geht die WHO in ihrem Bericht vom Jahre 2011 davon aus, dass ohne gezielter Gegenstrategien im Bereich der NCD die Anzahl der Todesfälle bis zum Jahre 2030 auf etwa 52 Millionen Tote jährlich anwachsen könnte. (WHO, 2008)

Besonders dramatisch an dieser Entwicklung ist die Annahme, dass etwa ein Drittel aller Krebserkrankungen sowie zirka 80 Prozent der Koronarerkrankungen, Insulten und Diabetes durch einen veränderten gesünderen Lebensstil verhinderbar wären. (WHO, 2011)

Die empfohlenen Modifikationen der Lebensführung, neben einer Zunahme an Bewegung und Reduktion des Alkohol- und Vermeidung des Tabakkonsums, beziehen sich aus ernährungswissenschaftlicher Sicht auf eine allgemeine Verringerung der Energiezufuhr bei gleichzeitiger Erhöhung der Ballaststoff- und Nährstoffdichte, weshalb eine vermehrte Zufuhr an Gemüse und Obst empfohlen wird. (WCRF, 2007)

Ein sparsamer Einsatz gesättigter Fettsäuren bzw. eine qualitative Aufwertung des Fettsäuremusters ist ebenso vorteilhaft wie der höhere Konsum komplexer Kohlenhydrate (Vollkornprodukte, Leguminosen).

Des Weiteren stellen ein bewussterer Einsatz (Qualität vor Quantität) von Fleisch und Fleischprodukten sowie eine geringere Natriumzufuhr (Kochsalz) ebenfalls einen wichtigen Beitrag zur Krankheitsprävention dar. Der übermäßige Konsum vor allem roten Fleisches und Fleischprodukten ist assoziiert mit dem Auftreten von Karzinomen im Gastrointestinal-Trakt. (WCRF, 2007)

Einige epidemiologische Studien weisen bezüglich der Entwicklung von Kolorektumkarzinomen relativ eindeutige Zusammenhänge mit dem Fleischverzehr auf (CROSS, et al., 2007; GIOVANNUCCI, et al., 1994). Da jedoch nur sehr inkonsistentes Datenmaterial zur Verfügung steht, wird die Diskussion sehr kontrovers geführt. Aufgrund der zum Teil sehr unterschiedlichen Studiendesigns (Kohorten beziehungsweise Fall-Kontroll-Studien) inklusive des Nachteils der Erinnerungs- und Selektionsbias bei Fall-Kontroll-Studien (BOEING, et al., 2007), ist es sehr diffizil, die Daten miteinander vergleichbar zu machen.

Aus den resultierenden, nach Maßstäben der Weltgesundheitsorganisation (WHO, 2003), differenten Evidenzgrade der Studienmethoden, sowie unterschiedlicher Parameter bezüglich der Probandenauswahl und der Auswertung unter verschiedenen Blickwinkeln wird der Versuch, schlüssige Empfehlungen abzuleiten, zusätzlich erschwert. (McAFEE, et al., 2010)

Einige Publikationen wiesen eine signifikante Relation betreffend des (roten) Fleischkonsums und erhöhter Inzidenzraten für kardiovaskuläre Ereignisse, als auch der Entwicklung eines Karzinoms auf (HEIDEMANN, et al., 2008; CROSS,

et al., 2007; LARSSON, et al., 2005). Anderen Untersuchungen zufolge waren diesbezüglich keine signifikanten Ergebnisse zu entnehmen (SHIN, et al., 2007; NORAT, et al., 2005), obwohl bei manchen eine weitere Differenzierung bezüglich des Verarbeitungsgrades unternommen und aufgrund der Verarbeitung ein signifikantes Risiko interpretiert wurde (NORAT, et al., 2005; WEI, et al., 2004).

Eine unlängst publizierte Studie untersuchte den Einfluss der Fleischezubereitung (v.a. der Temperatur) auf die Proteinverdaulichkeit, die, laut Autoren, unter Umständen ebenfalls Auswirkungen auf die Krebsentstehung haben könnte (BAX, et al., 2012). Dies würde die These zwischen der Beziehung der Verarbeitung und den metabolischen Entwicklungen stützen, jedoch kann nur auf Basis umfangreicherer Studien und Analysen der Thematik eine gesicherte Aussage getätigt werden.

Eine ballaststoffreiche Ernährung, gekennzeichnet durch den vermehrten Verzehr pflanzlicher Lebensmittel v.a. der Gattung *Allium* (z.B. Lauch, Zwiebel und Knoblauch; Fam.: *Alliaceae* - früher der Familie der *Liliaceae* zugeordnet), Leguminosen sowie Vollkorn und Vollkornprodukte gelten als probate Mittel in der Prävention gegen intestinale Karzinome. Der vermehrte Konsum dieser Lebensmittel trägt, aufgrund der geringeren Energiedichte und länger andauernden Sättigung, zur Gewichtsregulation, respektive der Adipositasprävention, bei. Übergewicht stellt eine nicht zu unterschätzende Noxe diverser Krebsarten, als auch für weitere Komorbiditäten, wie beispielsweise kardiovaskuläre Erkrankungen dar. (KIEFER, et al., 2008)

Die Ätiologie betreffend korreliert ein hoher Salzkonsum mit steigender Prävalenz für Hypertonie, welche ebenfalls als Basis weiterer Sekundärerkrankungen (Arteriosklerose, Krebs...) elaborieren kann. (BfR, 2011)

1.1 Fragestellungen

- Biodiversität beziehungsweise ihr Erhalt ist in aller Munde. Warum und wie es dazu gekommen ist soll in dieser Arbeit beleuchtet werden. In diesem Zusammenhang wird in diversen Medien auch immer wieder vom Nährstoffverlust der Lebensmittel berichtet. Der Wahrheitsgehalt dieser Aussagen soll analysiert und bewertet sowie der Einfluss und die eventuell vorhandenen Potentiale der Bodenbewirtschaftung ergründet werden. Auch dem Mythos der nährstoffreicheren Lebensmittel aus dem Bio-Anbau wird nachgegangen werden.
- Wie können Sekundäre Pflanzenstoffe im menschlichen Metabolismus wirken? Am Beispiel der Tomate und seinem Haupt- Carotinoid, dem Lycopin, sollen mögliche Funktionen beleuchtet werden.
- Welche Möglichkeiten gibt es, Nährstoffe besser zu erhalten? Wie kann die Lagerung sowie die Verarbeitung, vor allem im Haushalt, optimiert werden, um Nährstoffverlusten entgegen zu wirken?
- Wie kann man Nährstoffverlusten vorbeugen? Wo sind kritische Punkte?

1.2 Literaturüberblick

Gemüse und Obst nehmen seit jeher eine hohe Stellung in der Humanernährung ein. Sie sind, trotz beziehungsweise wegen ihrer hohen Nährstoffdichte bei gleichzeitig geringem Energiegehalt (durchschnittlich 35 kcal/100g, (WCRF, 1997)), Lieferanten einer Vielzahl wichtiger Nährstoffe wie Vitamine, Mineralstoffe, Ballaststoffe sowie anderer, lange unbeachteter Phytochemikalien. Letztere werden meist als bioaktive Substanzen oder sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (SPS) bezeichnet, denen seit etwa zwanzig Jahren eine immer größere Bedeutung in der Wissenschaft zuteilwird.

Anfang der 1990er Jahre ließen erste Übersichtsarbeiten auf einen Zusammenhang zwischen dem Verzehr von Gemüse und Obst sowie dem Entstehen von Krankheiten schließen. (BLOCK, et al., 1992).

1997 veröffentlichte der World Cancer Research Fund zusammen mit dem American Institute for Cancer Research einen Bericht mit dem Titel „Food, Nutrition, Physical Activity and the Prevention of Cancer: a Global Perspective“, in dem sie zu ähnlichen Ergebnissen wie die Übersichtsarbeiten kamen, nämlich dass ein hoher Gemüse- und Obstverzehr mit einer Risikominderung für chronische Erkrankungen einhergeht. (WCRF, 1997)

Überzeugende Hinweise gab es bei fünf von achtzehn untersuchten Krebsformen (Mund, Oesophagus, Gaster-, Kolorektum und Lunge). Für weitere vier Krebsformen ergab sich ein wahrscheinlicher Zusammenhang (Kehlkopf, Pankreas, Blase, Brust), für weitere sieben galt ein geringeres Risiko durch hohen Gemüse- und Obstverzehr als möglich. (WCRF, 1997)

Diese teilweise sehr überzeugende Evidenz ergab sich zum einen aus epidemiologischen Kohorten- oder Fall-Kontroll-Studien, zum anderen aus experimentellen Studien, die sich mit den Inhaltsstoffen der pflanzlichen Lebensmittel auseinandersetzten und ebenfalls auf antikanzerogene Wirkungen gestoßen sind.

Diese Ergebnisse bildeten die Grundlage für die im Jahre 1991 geführte Kampagne „Five a day – for better health“ des National Cancer Institute's (NCI, 2006), die wiederum als Vorbild für die deutsche Version „Fünf am Tag“ diente (DGE, 2001).

Auch international, von Kanada über Argentinien, Europa und Japan bis nach Neuseeland und Australien (5 am Tag e.V., 2011) wurden diese Empfehlungen von den zuständigen Gremien übernommen. Retrospektiv sei zu bemerken, dass die Implementierung von insgesamt 600 Gramm Gemüse (400 g) und Obst (200 g) pro Tag sich bis dato nicht besonders stark in der Alltagsernährung der Gesellschaft durchsetzen konnte. Die Bevölkerung, vor allem in den Industrieländern konsumiert immer noch viel zu wenig Gemüse und Obst und bleibt deshalb weit unter den Empfehlungen zurück.

Boffetta et al. machten im Rahmen der EPIC-Studien (mit vergleichbaren Daten zehn europäischer Länder) vor allem Spanien, Frankreich und Italien als Spitzenverbraucher, den Gemüse- und Obstverzehr betreffend, aus. In Frankreich war zudem ein eindeutiges Süd-Nord-Gefälle erkennbar. (BOFFETTA, et al., 2010)

Die Länder mit niedrigsten Raten an Gemüse und Obst in der täglichen Ernährung befanden sich, wie selbige Studie zeigte, mit Schweden, Norwegen, den Niederlanden und Dänemark (BOFFETTA, et al., 2010) erwartungsgemäß im nördlichen Europa. Erfahrungen aus früheren Studien (BOEING, et al., 2012) lehrten, dass große Unterschiede zwischen Gemüse- und Obstverzehr sowie der geographischen Lage der Konsumenten innerhalb des europäischen Raumes bestehen - dies konnte im Rahmen der Erhebungen abermals bestätigt werden. Eine Übersicht bezüglich der Gemüse- und Obstaufnahme in den bereits erwähnten zehn Ländern sei nachfolgend illustriert.

***Gemüse- und Obstverzehr (Gramm/Tag) nach Ländern der EPIC-Studie
Median (10. – 90. Perzentile)***

Land	Gemüse + Obst	Gemüse	Obst
Dänemark	264 (37 - 650)	114 (30 - 432)	126 (0 - 443)
Frankreich	420 (150 - 805)	184 (30 - 432)	206 (206 - 493)
Deutschland	328 (80 - 728)	135 (0 - 351)	160 (0 - 497)
Griechenland	404 (124 - 855)	189 (24 494)	172 (0 - 506)
Italien	500 (164 - 997)	156 (17 - 416)	307 (12 - 714)

Niederlande	270 (55 - 613)	113 (0 - 265)	145 (0 - 429)
Norwegen	244 (53 - 547)	101 (0 - 268)	124 (0 - 370)
Spanien	511 (125 - 1061)	172 (7 - 463)	313 (0 - 748)
Schweden	231 (48 - 511)	97 (0 - 255)	114 (0 - 345)
Vereinigtes Königreich	317 (95 - 693)	151 (12 - 353)	144 (0 - 425)
Gesamt	335 (77 - 772)	134 (0 - 364)	170 (0 - 510)

Tab. 1 Gemüse- und Obstverzehr; mod. nach Bofetta et al.(2010)

Peto et al. stellten bereits 1981 zur Diskussion, ob β -Carotin Einfluss auf die Krebsrate beim Menschen haben könnte. (PETO, et al., 1981)

Ab Mitte der 1990er Jahre, teilweise schon davor, wurden zahlreiche Analysen zu einzelnen Inhaltsstoffen durchgeführt, um Wirkungen und Mechanismen besser zu verstehen.

Die gesundheitsförderlichen Wirkungen eines hohen Gemüse- und Obstverzehrs wurden einem Vorhandensein bioaktiv wirksamer Substanzen zugeschrieben, die, in Zeiten des konzentrierten Interesses der Forschung an den Vitaminen, als unbedeutend und teilweise sogar als antinutritive Stoffe galten. In der jüngeren Wissenschaftsgeschichte ziehen sie jedoch immer mehr Interesse auf sich, was durchaus auch in der Vielzahl und somit auch einer großen Anzahl potentieller Wirkungen dieser Substanzen begründet, weshalb ihnen heute eine ähnlich hohe Aufmerksamkeit wie den Vitaminen im 20. Jahrhundert gesichert sein wird. Unmengen an Studien wurden seither durchgeführt, um die wirkungsvollsten Verbindungen ausfindig zu machen. Hohes Interesse an der Vermarktung dieser Substanzen zeigte auch die Pharmaindustrie, die sich durch diese Wirkstoffe, angeboten als Nahrungsergänzungsmittel, weiterhin gute Geschäfte erhofft und bislang auch gemacht hat. Analysten sehen ein Wachstumspotential von fünf bis fünfzehn Prozent mit einem Ost-West-Gefälle in Abhängigkeit der Marktsättigung (LOECK, 2007). Der Umsatz der Produkte in Europa belief sich im Jahre 2005 auf knapp sechs Milliarden Euro (LOECK, 2007), in Österreich wurden für das Jahr 2008 etwa 40 Millionen Euro (GRUBER, 2008) in diese Produkte investiert.

Als einer der Hoffnungsträger galt beispielsweise β -Carotin, das, wie der Name bereits andeutet, den Carotinoiden zuzurechnen ist.

Das damals vorherrschende Dogma bezüglich der sekundären Pflanzenstoffe - „Viel hilft viel“ - wurde, wie im Falle des β -Carotins entkräftet. Seitdem das Auftreten gegenteiliger Effekte bei Interventionsstudien (CARET-Studie) mit einzeln isolierten Substanzen im menschlichen Metabolismus bestimmter Personengruppen zu beobachten war, wurde die Komplexität der Thematik aufgezeigt. Weitere Untersuchungen, wie die α -Tocopherol- β -Carotin-Studie (ATBC) (The Alpha-Tocopherol Beta-Carotene Cancer Prevention Study Group, 1994) oder Selenium and vitamin E Cancer prevention Trial, die sogenannte SELECT-Studie, (KLEIN, et al., 2003) belegten, dass hochdosierte Präparate nicht einfach in den Stoffwechsel eingebracht werden sollten, sondern die in Gemüse und Obst gebundene Form der Mikronährstoffe zu bevorzugen wäre. Als Folge wird gesunden Menschen von der Einnahme von Supplementen abgeraten, da nach bisher vorliegenden Erkenntnissen, Gemüse und Obst nicht ersetzt werden können (ÖGE, 2007). Aufgrund der möglichen Synergieeffekte einer Vielzahl unterschiedlicher Verbindungen in den Lebensmitteln, empfiehlt es sich nicht, einzelne Substanzen zu isolieren und in Form einer Kapsel, Tablette oder Pulver einzunehmen, da Gemüse und Obst offenkundig mehr als die Summe ihrer Inhaltsstoffe verkörpern. Zudem sind viele metabolische Umsetzungen (synergistische beziehungsweise inhibitorische Effekte) und Zusammenhänge bezüglich der Dosierung beziehungsweise der Kombination der Nahrungsergänzungsmittel und deren etwaige Folgen auf die Gesundheit, als Vitamin-Paradoxon bekannt, noch unzureichend untersucht und verstanden. Bjelakovic et al. berichteten in ihrer Meta-Analyse bezüglich Supplementen in primärer und sekundärer Prävention, von einer signifikanten Erhöhung der Sterblichkeit bei der Anwendung von β -Carotin, Vitamin A und Vitamin E als Single-Präparat (BJELAKOVIC, et al., 2007), während keine Studie bekannt ist, bei der Überdosierungen durch Lebensmittel verursacht wurden. Dies wiederum unterstreicht noch mehr den Ansatz der Biodiversität, um ein möglichst breites Spektrum an Inhaltsstoffen dem Körper zugänglich und nutzbar zu machen.

Im Rahmen der zuvor erwähnten CARET-Studie (REDLICH, et al., 1999), verursachte die isolierte Form des β -Carotins (30 mg/d) bei Rauchern vermehrt Lungenkrebs, obwohl es anfangs, begründet auf vielversprechende *in-vitro*- als auch *in-vivo* Ergebnisse, als potenter Schutz vor Krebs bei Rauchern propagiert wurde. (OMENN, et al., 1996)

Aufgrund der alarmierenden Zwischenergebnisse und angesichts ethischer Bedenken wurde die CARET-Studie frühzeitig abgebrochen (BOWEN, et al., 2003). Sie sollte das lungenkrebspräventive Potential des β -Carotins bei starken Rauchern und häufig Asbest exponierten Personen, näher beleuchten. Das Ergebnis wies jedoch statt einer Senkung, ein um 28 Prozent erhöhtes Risiko auf, an einem Bronchialkarzinom oder kardiovaskulären Komplikationen zu erkranken. Selbst nach sechs Jahren war im Rahmen der follow-up Studie, besonders bei Frauen, ein nach wie vor erhöhtes Lungenkrebsrisiko feststellbar – während sich nach gleicher Zeitspanne das Herz-Kreislauf-Risiko wieder normal präsentierte. (GOODMAN, et al., 2004)

Die ATBC-Studie kam zu ähnlichen Befunden. Sie fand in Finnland statt und untersuchte den Einfluss von α -Tocopherol und β -Carotin Supplementen (50 mg bzw. 20 mg pro Tag für 5 – 8 Jahre; Kontrollgruppe: Placebo) auf die Inzidenz von Lungenkrebs - auch hier bestätigte sich ein Zuwachs bezüglich der Lungenkrebsrate um 15 - 33 Prozent, die Mortalitätsrate erhöhte sich um 17 Prozent (ALBANES, et al., 1996).

Dem ursprünglichen Nährstoffstatus der Probanden scheint ebenfalls eine entscheidende Rolle zuzukommen, da Personen mit einer niedrigeren Nährstoffaufnahme beziehungsweise niedrigen Serumkonzentrationen eine höhere Krebsinzidenz aufwiesen. (ALBANES, et al., 1996)

Als Ursache dieser unerwarteten Entwicklungen gilt ein vermindertes, sogar prooxidatives Wirken von Carotinoiden in Geweben mit hohen Sauerstoffpartialdrücken (KRINSKY, 1993). Aufgrund der Tatsache, dass in der Lunge hohe Sauerstoffpartialdrücke herrschen, würde dies eine plausible Begründung für das Auftreten erhöhter pulmonaler Karzinomraten in den

angesprochenen Studien ergeben. Weitere Argumente wurden diskutiert, wie zum Beispiel die Interaktion des inhalierten Rauchs mit β -Carotin beim Tabakkonsum und der potentiellen Begünstigung der Krebsentstehung durch dabei entstehende Produkte (TÖRNWALL, et al., 2004). Für das Auftreten der kardiovaskulären Ereignisse könnte der bevorzugte Einbau des β -Carotins in atheromatöse Plaques, als in die Gefäßwand eine Erklärung bieten. Die Einlagerung könnte das Lösen der Plaques fördern (TÖRNWALL, et al., 2004) und in Form von Thrombosen zu weiteren Komplikationen, wie Herz- beziehungsweise Hirninfarkt führen.

2 Bedeutung der Biodiversität

Maßgebliche Ursachen für die Abnahme der Biodiversität sind in den weltweiten Veränderungen der ökonomischen, ökologischen und sozialen Strukturen zu finden. Dazu zählen die Industrialisierung, Globalisierung und der stetig zunehmende Kampf um Rohstoffe, wodurch die Rücksicht auf die Natur immer mehr in den Hintergrund trat. Regenwälder, die als globale Zentren höchster Biodiversität angesehen werden, wurden zur Gewinnung zusätzlichen Ackerlandes sowie des Rohstoffes Holz gerodet. Die Meere fielen der Überfischung zum Opfer und die industrialisierte, monokulturelle Massenproduktion von Lebensmitteln prägte das Abnehmen der Artenvielfalt an Land nachhaltig.

Moore zählen in Zentraleuropa zu den gefährdetsten Ökosystemen, obwohl ihnen, aufgrund ihres enormen Wasserspeichervermögens (BUND, 2010) sowie bezüglich des hohen Potentials zur Methan- und vor allem der Kohlendioxid-Fixierung eine entscheidende Rolle als Hoch- und Grundwasserschutz zukommt, wurde der Großteil dieser Biotop trockengelegt. Gründe dafür waren einerseits die land- und forstwirtschaftliche Nutzung des Gebiets, andererseits wollte man auf diesem Wege an den wertvollen Rohstoff, den Torf, gelangen. (BÜRGER, 2011) Der lokalen spezifischen Flora und Fauna wurde damit der

Lebensraum entzogen, womit ein hoher Verlust an genetischer Vielfalt einherging.

Auch für die Gewinnung von Kohle, Erdöl, Seltenen Erden und Edelmetallen wurden viele natürliche Ökosysteme nachteilig beeinflusst beziehungsweise irreparabel geschädigt oder zerstört.

Wie die FAO (1997) veröffentlichte, gibt es Schätzungen zufolge bislang in etwa 30.000 bekannte essbare Pflanzen, wovon ungefähr 7.000 Arten zur Kultivierung geeignet waren. Von diesen 7.000 Nutzpflanzen decken heute etwa 30 den Kalorienbedarf von 90 Prozent der Weltbevölkerung. (FAO, 1997)

Die Neolithische Revolution vor etwa 12.000 Jahren gilt als Beginn des Ackerbaus und der Viehzucht sowie der Selektion der erfolgreichsten Pflanzenarten und Tierrassen, wodurch der Mensch bis heute bewirkte, dass nur noch 150 Varietäten für die Ernährung und Bekleidung genutzt werden. Wovon wiederum 15 Arten einen Anteil von zirka 90 % der pflanzlichen Lebensmittel decken. (BfN , 2010)

2.1 Geschichtliche Entwicklung

Mit dem Wandel von der Agrarwirtschaft zur beginnenden Industrialisierung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und dem Zustrom in die Städte wurde ein effizientes Erzeugungs- und Verteilungssystem der Nahrungsmittel nötig, um die steigende Population in den Ballungszentren versorgen zu können (TEUTEBERG, 1983). Diese Umstände stellten große Anforderungen an die Landwirtschaft, die diesen mit einer stärkeren Selektion der Sorten in Bezug auf Ertragsstärke, besserer Lagerfähigkeit sowie höherer Resistenz gegenüber Schädlingen und Krankheiten begegneten. Bereits Ende des 18. Jahrhunderts verzeichnete die Landwirtschaft mit diversen Umstellungen steigende Erträge und Produktivität, war jedoch nicht mit der Weiterentwicklung im gewerblich-industriellen Sektor vergleichbar (SPIEKERMANN, 1997 S. 52).

Erst ab den 1930er Jahren erfuhr der Lebensmittelanbau, durch die Entwicklung der ersten einsatzfähigen Pestizide zur Schädlingsbekämpfung und intensivierter Düngungs- und Bewirtschaftungsmethoden, die ersten entscheidenden Impulse in Richtung einer Industrialisierung der Landwirtschaft. Ende der 1950er Jahre ebneten auch die materiellen Möglichkeiten den Einstieg in eine Konsum- und Überflussgesellschaft (SPIEKERMANN, 1997 S. 59). Der Aufschwung ist dabei auch dem im April 1948 verabschiedeten „European Recovery Program“ (besser bekannt unter „Marshall-Plan“) der Alliierten zu verdanken, obwohl bis heute kontrovers über Sinn, Wirkung und Nachhaltigkeit diskutiert wird. Für diese Entwicklung war im Speziellen das „Productivity“ beziehungsweise „Technical Assistance Program“ (TA-Program) maßgeblich entscheidend. Es wurde von Dutz und Silberman als das größte und umfassendste koordinierte Projekt zur technischen Hilfeleistungen für die Industrie und die Landwirtschaft, das jemals unternommen wurde, bezeichnet (DUTZ, et al., 1994). In dieser Zeit ist, retrospektiv betrachtet, die Basis der heutigen Konsum- und Überflussgesellschaft geschaffen worden.

Infolge wurden die für den Anbau ausgewählten Sorten verstärkt als Monokulturen bewirtschaftet und mittels Kunstdünger und Pestiziden „gesund“ erhalten. Der Einsatz dieser Mittel war unumgänglich, da durch die einseitige Nährstoffentnahme der Mikrokosmos des Bodens massiv aus dem Gleichgewicht gebracht wurde. Als Folge dieser einschneidenden Lebensraumveränderungen war ein massiver Verlust an Biodiversität nachweisbar (ARBEITSGRUPPE BIOLOGISCHE VIELFALT, 2011). Die Verwendung immer größer werdender Maschinen hinterließ ebenfalls Spuren, da der Boden unter dem Gewicht der landwirtschaftlichen Geräte immer stärker verdichtet wurde, sodass die maschinelle Bewirtschaftung in hohem Umfang zum Verlust der Biodiversität beiträgt. (PFIFFNER, et al., 2009)

Zur Verdeutlichung am Beispiel des Apfels. Vor 100 Jahren gab es geschätzte 20.000 Apfelsorten, heute spricht man von etwa 1.500 Varietäten, wirtschaftlich genutzt werden nur 60 (UMWELTINSTITUT MÜNCHEN). Noch deutlicher wird

dies bei Gurken (*Cucumis sativus*), die eine artenreiche Gattung der Kürbisgewächse (*Cucurbitaceae*) darstellen. Trotz ihres Artenreichtums gelangen nur 2 - 3 Sorten in den Handel. Unterschieden werden sie zumeist nur in Schlangengurke (Salatgurke), Freikultur („Landgurke“) und Einlegegurke (PALME, 2011 S. 26-29).

Welche Folgen eine extreme Ausdünnung der Artenvielfalt haben kann zeigt die Geschichte Irlands auf. In den Jahren 1845 - 1849 kam es zur Großen Hungersnot, als „The Irish Famine“ in die Annalen eingegangen, aufgrund des monokulturellen Anbaus der Kartoffel. Auslöser hierfür war ein Pilz (*phytophthora infestans*), der die Kartoffelfäule auslöste. Dieses Ereignis sowie bereits mehrere Ernteaufälle in den Jahren davor, entzog vielen Menschen die Lebensgrundlage und führte in Folge zur Auswanderung beziehungsweise zum Tod vieler, wodurch das Land sehr stark geprägt wurde (BEHR, 2010). Ob die Ernteaufälle ebenfalls das Ergebnis der Monokulturen oder klimatische Ursachen sich verantwortlich zeichneten, konnte aufgrund fehlender Daten nicht ausreichend untersucht werden.

Dem Erhalt der Biodiversität wird auch in der internationalen Politik eine hohe Priorität zugesprochen, die die Vereinten Nationen im Jahre 1992 in Rio de Janeiro (Brasilien) veranlasste, im Rahmen der Konferenz über Umwelt das UN-Übereinkommen über die biologische Vielfalt zu verabschieden, welches 1993 in Kraft trat (United Nations, 1992). Die darin unter Artikel 1 definierten Ziele „[...] sind die Erhaltung der biologischen Vielfalt, die nachhaltige Nutzung ihrer Bestandteile und die ausgewogene und gerechte Aufteilung der sich aus der Nutzung der genetischen Ressourcen ergebenden Vorteile [...]“ (DGVN, 1992).

Die Erfolge bezüglich einer Trendumkehr sind bislang jedoch relativ bescheiden.

2003 wurde diese Konvention erneut bekräftigt, bei der eine Pressemitteilung des damaligen Generalsekretärs, Kofi A. Annan, anlässlich der Erklärung zum Internationalen Tag der Artenvielfalt am 22. Mai in Johannesburg, mit folgenden

Worten betitelt wurde: „Artenvielfalt ist notwendig für die menschliche Existenz“. (Informationszentrum der Vereinten Nationen, 2003). Zuzüglich der 1992 vereinbarten Ziele, verpflichteten sich die teilnehmenden Regierungen, bis zum Jahre 2010 eine signifikante Reduktion des Verlusts an Biodiversität zu erreichen.

Nach Evaluierung im Jahre 2010 und dem Einräumen, diese Ziele zu ambitioniert definiert zu haben, wurde im Oktober 2010 die „UN-Dekade der biologischen Vielfalt 2011 - 2020“ verabschiedet (DGVN, 2012), um weiterhin die geplanten Strategien und Maßnahmen zum Erhalt der Biodiversität umzusetzen.

Währenddessen sterben weltweit nach wie vor schätzungsweise 130 Tier- und Pflanzenarten pro Tag aufgrund des menschlichen Handelns aus und liegt damit um das 100 – 1.000 fache über der vermuteten natürlichen Aussterberate (Zentrum für Umweltkommunikation, 2012).

Erfreulicherweise entwickelt sich im Bewusstsein der Menschen seit mehreren Jahren ein Trend hin zum Genuss, damit einhergehend zunehmendes Interesse bezüglich der Lebensmittelherkunft. Als Gegenstück zum Fast Food wird Slowfood immer wichtiger. Diese Bewegung steht für Vielfalt, Regionalität inklusive daran gekoppelter Saisonalität und vor allem für Geschmack und Genuss. Alte Gemüse-, Obst-, und Getreidearten sowie alte Zuchtassen bei Schwein, Rind und Huhn erfreuen sich immer größer werdender Beliebtheit. Durch ihre atemberaubende Varietätensvielfalt erobern sich beispielsweise blaue Kartoffeln, bunter Mangold, Rüben, Tomaten, Melanzani und Paprika in allen Formen, Farben und charakteristischen Geschmacks- und Geruchsprofilen wieder ihre Berechtigung auf den lokalen Märkten zurück. Dies wiederum ist nicht nur positiv im Sinne der Biodiversität, sondern ist auch umwelt- und ressourcenschonend, da in natürlichen Kreisläufen produziert, dabei gleichzeitig wenig bis keine Pestizide eingesetzt werden. Hier steht das natürliche Verhältnis zwischen Nützlingen und Schädlingen im Vordergrund, wodurch der Einsatz der verschiedenen Pestizide obsolet wird. Durch Anbauformen, die auf natürlichen Pflanzenschutz setzen, können Rohstoffe, die für die Erzeugung,

den Transport sowie der Ausbringung der Mineraldünger notwendig wären, eingespart werden, das der Umwelt zusätzlich zugutekommt. Des Weiteren wird durch die Verminderung der Pflanzenschutzmittel auch die Gesundheit des Bodens, durch eine höhere Anzahl und Vielfalt an Mikroorganismen, Pilzen und Insekten gefördert. Letztere wirken wiederum positiv auf die Bestäubungsraten von Kultur- und Wildpflanzen durch Insekten wie Bienen oder Hummeln, wodurch die Fortpflanzung gewährleistet und somit Artenvielfalt erhalten und im optimalsten Verlauf weiter ausgebaut werden kann. Eine im Jahre 2011 veröffentlichte Studie konnte die Bedeutung der Bienenbestäubung in Zahlen ausdrücken. So zeichnet sich, laut den Verfassern der Publikation, diese Form der Bestäubung für die Entwicklung von 55 Prozent des weltweit verfügbaren Folats, 70 Prozent des Retinols beziehungsweise 98 Prozent der verfügbaren Ascorbinsäure verantwortlich (EILERS, et al., 2011).

Betrachtet man diese Dienstleistung der Natur als Basis für den Erhalt des Fortbestandes der Pflanzen ist es nicht nachvollziehbar, warum Themen rund um das Bienensterben der letzten Jahre nur minimale mediale Aufmerksamkeit entgegen gebracht wird. Unter dem Aspekt, dass die Fortpflanzung von nahezu 80 Prozent der Nutzpflanzen innerhalb der EU durch Insektenbestäubung erfolgt (EFSA, 2012) und somit ein Großteil der Nahrungsproduktion von den Bienen abhängt, wird die Brisanz dieses Sujets nach wie vor verkannt. Wissenschaftlich und politisch wurden bereits vor einigen Jahren die ersten Schritte zur Analyse des Problems genützt und Konzepte zum Gegensteuern ausgearbeitet, wodurch die Bewusstseinsbildung für dieses Risiko weiter ausgebaut und Maßnahmen breiter umgesetzt werden können.

2.2 Exkurs: Bienen - Biodiversität und Ökonomie

Neben dem Beitrag zum Erhalt der Artenvielfalt sind Bienen auch als wichtiger Partner in der Nahrungsproduktion von Bedeutung. Dabei ist auch der ökonomische Wert durchwegs beachtlich.

Wie einer anno 2008 durchgeführten Analyse bezüglich der Wertschöpfung der Bestäubungsleistung der Bienen zu entnehmen ist, wurde die globale Arbeitsleistung der Insekten mit einem ökonomischen Wert über 153 Mrd. Euro für das Jahr 2005 beziffert. Dies entspricht knapp 10 Prozent der jährlichen Weltagrarproduktion an Lebensmitteln. Noch höher würden sich, wie in selbiger Studie beschrieben, die Kosten bei einem Fehlen der bestäubenden Insekten belaufen. Die Schäden durch die Nicht-Bestäubung werden den Autoren zufolge weltweit mit einem Betrag von etwa 190 – 310 Mrd. Euro angenommen. (GALLAI, et al., 2009; EILERS, et al., 2011)

Aufgrund ihrer ökologischen und ökonomischen Bedeutung für die Umwelt und der menschlichen Ernährung sprach sich unter anderem die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit für einen unverzichtbaren Schutz und Erhalt der Bienengesundheit aus. Nach Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Einsatz von Pestiziden und deren Auswirkungen auf die Bienenvölker konnten neben dem häufigen Insektizid-Einsatz weitere Einflüsse, wie beispielsweise Parasiten, Erkrankungen, gentechnisch veränderte Organismen sowie der Klimawandel (EFSA, 2012) als Faktoren für die hohen Bienenverluste ausgemacht werden.

Die Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit veröffentlichte im Monitoring-Projekt „Untersuchungen zum Auftreten von Bienenverlusten in Mais und Rapsanbaugebieten Österreichs und möglicher Zusammenhänge mit Bienenkrankheiten und dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln“, mit dem Akronym „MELISSA“, eine Dokumentation bezüglich der Bienenschäden in Österreich, zur Erarbeitung von Entscheidungshilfen für Behörden, Imker und Landwirte zur Umsetzung validierter Maßnahmen um Bienenschäden zu vermeiden (AGES, 2012).

2.3 Bodengesundheit

Ein häufig unterschätztes jedoch entscheidendes Kriterium für hochwertige, nährstoffreiche pflanzliche Lebensmittel stellt die Zusammensetzung und die Gesundheit des bewirtschafteten Bodens, unabhängig von der Anbauform, dar. Bietet dieser nicht alle für die Pflanze notwendigen Ausgangsstoffe in ausreichender Menge und Verfügbarkeit, führt dies in Folge zu einer Schwächung des Immunsystems und somit der Abwehrkräfte der Pflanzen. Dies wiederum legt den Grundstein, dass sich häufiger Morbiditäten den Stoffwechsel der Pflanze betreffend, als auch degenerativ wirkender Insekten-, Bakterien- oder Pilzbefall etablieren kann. Diese Entwicklung kann im schlimmsten Fall mit dem Exitus der Pflanze enden, was sich wiederum in der Landwirtschaft mit Ernteaufschlägen und allen Folgewirkungen auf den Menschen niederschlagen könnte.

Die einfachste, jedoch nicht optimalste Methode sieht die konventionelle Landwirtschaft hauptsächlich im Einsatz einer Vielzahl unterschiedlicher Pestizide.

Diese haben jedoch zur Folge, dass sie nicht nur die Schädlinge, sondern häufig auch Nützlinge eliminieren, wodurch sich Imbalancen in der Schädlings-Nützlings-Ratio manifestieren. Dem wird meist durch den erhöhten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln begegnet, um das Ungleichgewicht zu kompensieren. Die Mehrverwendung kann allerdings steigende Rückstandsraten in den Ernteprodukten zum Ergebnis haben.

Auch der Boden beziehungsweise die darin vorkommende Fauna wie Bakterien, Pilze und Würmer, die dem Aufbau der nährstoffreichen Humusschicht dienen, sowie eine Vielzahl weiterer Insektenarten geraten dadurch in ihrem Bestand in Mitleidenschaft.

Der Verlust der Humusschicht bedingt im Rahmen der Aussaat und Aufzucht der Pflanzen eine suboptimale Ausgangssituation – der Pflanze stehen die für das Wachstum und Reifung nötigen Stoffe auf Dauer nicht in ausreichenden Mengen zur Verfügung, worunter die Qualität der Ernteprodukte leiden kann.

Eine Ausdünnung und Verdichtung der Humusschicht geht gleichzeitig einher mit einem verminderten Schutz vor Bodenerosion und impliziert dadurch einen weiteren Verlust nährstoffreicher Schichten.

Bodenerosionen in Kombination mit verdichteten Böden, die zwangsläufig durch intensive maschinelle Bewirtschaftung entstehen, sind zudem mit einer Verminderung der Wasseraufnahme sowie -speicherung assoziiert. Dieser Umstand bedingt eine Verminderung des Hochwasserschutzes, der in Zeiten massiver (künftiger) Klimaveränderungen zusätzlich enorme Schwierigkeiten für Land und Bevölkerung aufwerfen könnte.

Die Verdichtung der Böden geht ebenso mit einer Abnahme der Makro- und Mikroorganismen einher, die wiederum, aufgrund der eingeschränkten Anzahl, einen geringeren Beitrag zur Bodenlockerung und somit zur Grundlage der Wasserspeicherung leisten können.

Durch die Ausschwemmung wichtiger Nährstoffe, verursacht durch Erosion, starke Regenschauer und mangelnde Wasseraufnahmefähigkeit, müssen diese wiederum in Form zusätzlichen Düngereinsatzes dem Boden zugeführt werden, womit sich der negative Kreislauf schließt.

2.3.1 Nährstoffverarmung Gemüse/Obst

Eine Publikation von Anne-Marie Mayer mit dem Titel „Historical changes in the mineral content of fruits and vegetables“, die im Jahre 1997 im British Food Journal publiziert wurde, gilt als Auslöser einer langen Diskussion über das vermeintliche Sinken der Nährstoffgehalte (Mineralstoffe, Vitamine und Trockensubstanz) in Gemüse und Obst sowie der Auslaugung der Böden durch intensive Bewirtschaftung.

In jener Studie untersuchte die Autorin die Gehalte von acht Mineralstoffen in jeweils 20 Gemüse- und Fruchtarten. Die Daten für den Vergleich stammten aus den veröffentlichten Statistiken über die Lebensmittelszusammensetzung der britischen Regierung. Sie verglich Statistiken der Nährstoffe von 1936 mit neueren Veröffentlichungen bis Mitte der neunziger Jahre des letzten

Jahrhunderts, wodurch eine Periode über 50 Jahre beobachtet und bewertet werden konnte.

Dabei wurde für Gemüse eine signifikante Verminderung der Inhaltsstoffe Magnesium, Eisen, Kupfer und Natrium festgestellt. Auch bei Obst konnte dieser Trend für die Mineralstoffe Magnesium, Eisen, Kupfer und Kalium beobachtet werden, wobei Kupfer den höchsten Änderungsraten (1/5 des Ursprungsgehalts) unterlag. Die hohen Konzentrationen der früheren Erhebungen könnte mit Pestizidrückständen in Verbindung gebracht werden (MAYER, 1997). Beispielsweise enthielt eines der ersten funktionierenden Fungizide namens „Bordelaise pulpe“, auch bekannt als „Bordeaux-Mixture“ des französischen Botanikers Pierre-Marie Millardet, neben Kalkmilch auch Kupfersulfat (BERGER, et al., 2011) und wurde Anfang des 20. Jahrhunderts gegen falschen Mehltau eingesetzt. Das Ausbringen dieser Suspension auf die Felder könnte Rückstände in den Pflanzen verursacht haben, wodurch sich die höheren Werte erklären würden.

Im Jahre 2004 untersuchten Schweizer Wissenschaftler der Eidgenössischen Forschungsanstalt in Wädenswil mittels gleicher Versuchsanordnung die Gehalte von neun Mineralstoffen, elf Vitaminen sowie der Trockensubstanz in den sieben wichtigsten Gemüsearten der Schweiz. Dazu zählen wie folgt: Tomaten, Karotten, Zwiebel, Kopfsalat, Gurken, Eisbergsalat und Weißkohl (HÖHN, et al., 2004). Die Daten stammten aus drei verschiedenen Datenbanken unterschiedlichen Publikationsdatums (z.B. Souci Fachmann Kraut *alte Auflage v. 1970 – neue Auflage v. 2000*). Die Ergebnisse dieser Arbeit stellten bei fünf (Magnesium, Kupfer, Riboflavin und Ascorbinsäure, Trockenmasse) von 21 Parametern eine signifikante Veränderung fest.

Bei sieben der elf untersuchten Vitaminen (Biotin, Folsäure, Niacin, Pantothensäure, Pyridoxin, Thiamin, Tocopherol) kam es zu teilweisen Steigerungen des Gehalts gegenüber früheren Erhebungen, eine negative Entwicklung stellte das geometrische Mittel für Ascorbinsäure und Riboflavin dar – bei beiden trat eine signifikante Erniedrigung auf. Auch Phyllochinon

zeigte eine markante Veränderung nach unten, was jedoch auf einen Mangel beziehungsweise der Inkonsistenz der verfügbaren Daten begründet scheint.

Die ermittelten Verhältnisse zwischen dem Gehalt von früher zu heute (2004), ließen bezüglich des Mineralstoffgehalts nicht auf eine signifikante Abnahme schließen. Im Gegensatz zum Vorkommen der Vitamine konnte bei den Mineralstoffen festgestellt werden, dass für den geometrischen Mittelwert häufiger eine Verminderung (< 1) errechnet wurde. Eine Zunahme (> 1) konnte hingegen bei keinem einzigen Mineralstoff beobachtet werden. Dies könnte tendenziell eher auf eine Verminderung des Mineralstoffgehaltes hinweisen, wobei nur in zwei Fällen Signifikanz bestand. (HÖHN, et al., 2004)

Obwohl dieser Trend auf eine verminderte Verfügbarkeit der Mineralstoffe hindeuten könnte und somit ein Indiz für die Auslaugung der Böden darstellen würde, erklären die Autoren diesen Umstand mit der Qualität der Daten. Aufgrund der enormen Fortschritte in der (Spuren-)Analytik der jüngeren Geschichte sind Messdaten, gegenüber Ergebnissen früherer Untersuchungen, spezifischer und um ein Vielfaches genauer geworden. Darüber hinaus wurden Unvollständigkeiten der früheren Datenbanken thematisiert, da nicht alle Nährstoffe ausreichend dokumentiert vorlagen und dadurch ein Mangel an Vergleichsmöglichkeiten bestand. Am Beispiel des Phyllochinons musste damals, aufgrund eingeschränkter technischer Möglichkeiten, auf weit ungenauere analytische Methoden, als dies heutzutage der Fall wäre, zurückgegriffen werden. Dies könnte zusätzlich die Werte und darauf basierende Ergebnisse verzerrt haben.

Die größte statistisch relevante Abnahme wies Kupfer mit einer Verringerung um 57 Prozent auf. Auch hier nahmen die Forscher an, dass es aufgrund der unvorteilhaften technischen Begebenheiten in der Spurenanalyse zu Nachweisschwierigkeiten gekommen sei, da die auftretenden Kupferkonzentrationen in Gemüse und Obst relativ gering sind - daher aufgrund dieser geringen Konzentrationen der Nachweis schwierig zu bewerkstelligen war beziehungsweise nur ungenau gemessen werden konnte.

Die Überprüfbarkeit der Ergebnisse scheint auch insofern schwierig, da auch die Gehaltsschwankungen innerhalb der Varietäten berücksichtigt werden müssten, um eine objektive, aussagekräftige Interpretation der Ergebnisse tätigen zu können. Weitere Erhebungen, unter Berücksichtigung der sortenspezifischen Unterschiede bezüglich der Inhaltsstoffe, wären daher von Vorteil, um die Frage der Nährstoffverarmung von Gemüse und Obst seriös beantworten zu können.

3 Gemüse und Obst

3.1 Biologischer vs. Konventioneller Anbau

Der Markt für biologisch produzierte Lebensmittel ist seit Jahren weltweit im Wachstum begriffen. Kennzahlen dafür sind die steigende Anzahl der Biobetriebe als auch der Umsatz. Die Zunahme an biologisch produzierenden Betrieben erreichte im Jahre 2011, laut des Grünen Berichts des Lebensministeriums, eine Anzahl von 22.058 Biobetrieben. Das entspricht einem Anteil an den Gesamtbetrieben von 16,4 Prozent, was verglichen mit den Ergebnissen aus dem Jahre 2010 einer positiven Veränderung von 0,8 Prozent entspricht. Der Umsatz mit Bioprodukten belief sich im Jahre 2009 in Österreich auf 984 Millionen Euro (Lebensministerium, 2012), weltweit werden bereits über 50 Milliarden Euro jährlich mit Bioprodukten umgesetzt (BioFach, 2010).

Da biologisch produzierte Lebensmittel mit einem durchschnittlich 10 bis 40 Prozent (WINTER, et al., 2006) höheren Preis assoziiert sind, wirft dies immer wieder berechnete Fragen, vor allem beim Konsumenten, bezüglich der Wertigkeit und dem potentiellen Nutzen für die Gesundheit der unterschiedlichen Anbauformen auf. Diese Unsicherheiten werden durch kontroverse Berichterstattung der Medien zusätzlich geschürt.

Der Thematik, welche Kultivierungsform die bessere ist beziehungsweise ob Lebensmittel aus biologischem Anbau die gesündere Wahl sind, wurden zahlreiche Studien gewidmet. Einige Publikationen berichteten von signifikanten Unterschieden, wie beispielsweise Hallmann und Rembialkowska (2007). Die Autoren untersuchten den Einfluss der Anbauform auf den Nährstoffgehalt verschiedener Tomaten-Varietäten, wobei Unterschiede im Gehalt von Ascorbinsäure, β -Carotin, Flavonoide, Trockensubstanz und Zucker (sowohl reduzierende Zucker, als auch dem Gesamtgehalt) zu Gunsten der Biotomaten konstatiert werden. Hingegen waren konventionell erzeugte Tomaten reicher an Lycopin und organischen Säuren. (HALLMANN, et al., 2007)

Bei einem anderen Versuch ähnlichen Aufbaus mit Broccoli (*Brassica oleracea* convar. *botrytis* var. *italica*) kam man zum Ergebnis, dass die Schwankungen innerhalb der Vegetationsperiode größer waren, als der Einfluss von biologischer oder konventioneller Anbauform. (WUNDERLICH, et al., 2008)

In systematischen Reviews gelang es bisher auch nicht die Resultate in die eine oder andere Richtung zu untermauern, sodass häufig keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Nährstoffqualität festgestellt werden. So stellten Dangour et al. in ihrem 2009 veröffentlichten Werk zwar einen geringeren Stickstoff- bzw. höheren Phosphorgehalt in biologisch produzierten Produkten fest, weitere analysierte Inhaltsstoffe (Ascorbinsäure, Calcium, Eisen, Kalium, β -Carotin, etc.) wiesen keine Differenzen zwischen biologisch oder konventionell erzeugten Nahrungsmitteln auf. (DANGOUR, et al., 2009)

Eine hohe Reputation auf dem Gebiet der unterschiedlichen Anbaumethoden haben die Untersuchungen der Schweizer Eidgenossenschaft in Therwill, die verschiedene Bewirtschaftungssysteme und deren Einflüsse parallel vergleichen. (siehe 3.1.1)

3.1.1 DOK-Acker

Der DOK-Acker (Dynamisch, Organisch, Konventionell) ist ein Langzeitversuch im schweizerischen Leimental bei Therwil, nahe Basel, der eine direkte Vergleichbarkeit des Einflusses der Anbauform und Bodenbearbeitung auf Ackerkulturen (Weizen, Mais, Kartoffeln oder Klee gras) ermöglicht. Gegründet wurde das Projekt im Jahre 1977 und wird bis dato betrieben. (OBERHOLZER, et al., 2009)

Aufgrund des Anbaus in unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen, die innerhalb der Anbauform in weitere Parzellen unterteilt wurden, konnten zahlreiche neue Erkenntnisse bezüglich der Auswirkungen der verschiedenen Kulturformen auf wissenschaftlicher Basis gewonnen werden. Neben den drei Hauptformen, die in je zwei unterschiedlichen Düngungsstufen (0,7 und 1,4 DGVE/ha) durchgeführt wurden, wurde zusätzlich, bezüglich der Düngungsart, unterschieden in: (OBERHOLZER, et al., 2009)

- biologisch-dynamisch (BIODYN): Düngung mit kompostiertem Mist und Gülle
- organisch-biologisch (BIOORG): Düngung mit Rottemist und Gülle
- konventionell
 - CONFYM: Düngung mit Mist, Gülle und mineralischer Ergänzung, Pflanzenschutz mit Pestiziden
 - CONMIN: mineralische Düngung
- nicht gedüngt
 - NOFERT: keine Düngung

Bei der Analyse der Bodeneigenschaften wurde festgestellt, dass die biologisch-dynamische bewirtschaftete Fläche einen höheren pH-Wert, als auch einen höheren Gehalt organischen Kohlenstoffes (= Biomasse), im Vergleich zu allen anderen Systemen, aufwies. Der ausschließlich mineralisch gedüngte Boden erreichte erst nach erfolgter Kalkung annähernd den pH-Wert des biologisch-dynamischen Verfahrens, wies dabei aber signifikant tiefere Werte bezüglich des organischen Kohlenstoffes im Vergleich zu den Systemen BIODYN, BIOORG sowie CONFYM auf. (OBERHOLZER, et al., 2009)

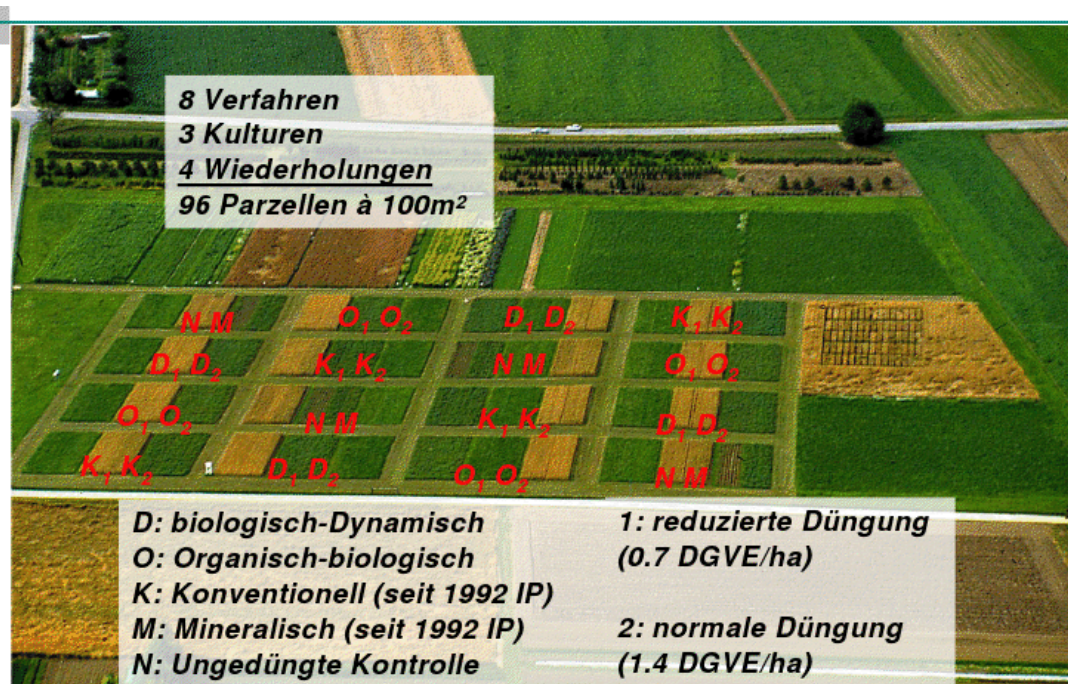


Abb. 1 DOK-Langzeitversuch, Schweiz, Aufteilung nach Anbau- und Düngungsform

Quelle: (FLIESSBACH, et al., 2006)

Besonders die Ergebnisse aus dem biologischen Anbau könnten richtungsweisend für die künftige Bewirtschaftung sein.

Durch diese Anbauformen wird die Bodenfruchtbarkeit langsam aufgebaut, im Vergleich zum konventionellen Anbauversuch konnten 67 Prozent mehr Biomasse im Boden (CLERC, et al., 2011), sowie eine Zunahme der Artenvielfalt (Regenwürmer, Kurzflügler, Laufkäfer, etc.) verzeichnet werden, die als empfindlicher Indikator für die Bewertung der Bodenfruchtbarkeit herangezogen wird. (FLIESSBACH, et al., 2000) Eine Metaanalyse von 66 Studien ergab um 30 Prozent mehr Pflanzen- und Tierarten beziehungsweise eine 50 Prozent höhere Individuenanzahl auf biologisch bewirtschafteten Flächen. (BENGTSSON, et al., 2005)

Die verbesserte Bodenstruktur führte im Langzeitversuch, bezogen auf Regenwürmer, sowohl zu einer höheren Biomasse – Zunahme von 67% (CLERC, et al., 2011) – als auch zu einer höheren Anzahl der Individuen, wobei der biologisch-dynamische Anbau alle anderen übertraf. Durch die verringerte Bearbeitung des Bodens und vor allem durch die höhere Aktivität der

Regenwürmer, konnte eine verbesserte Bodenstruktur bis in eine Tiefe von 80 Zentimeter festgestellt werden. Darunter herrschten gleiche Verhältnisse zwischen den Anbauformen. (FLIESSBACH, et al., 2000)

Durch die biologische Bewirtschaftung konnten 50 Prozent an Dünger und fossiler Energie sowie 97 % an Pestiziden eingespart werden, hatte bei den Erträgen jedoch nur etwa 20 Prozent weniger als beim konventionellen Anbau hinzunehmen. (FLIESSBACH, et al., 2000)

Der Energieaufwand zur Erzeugung einer Ertragseinheit erwies sich in ökologischen Anbausystemen um 20 bis 56 Prozent geringer als in konventionellen Systemen, die Einsparung an Energie je Flächeneinheit betrug zwischen 36 und 53 Prozent. (MÄDER, et al., 2002)

Der geringere Nährstoffeinsatz (-34 bis -51%), bezogen auf Stickstoff, Phosphor und Kalium (MÄDER, et al., 2002), war zum einen durch den häufigen und gezielten Einsatz von Leguminose-Gründüngung, zum anderen durch den daraus folgenden, stetigen und effizienten Aufbau der Bodenfruchtbarkeit (= Humusschicht), erklärbar. (CLERC, et al., 2011)

Berücksichtigt man den Arbeitsaufwand der Bodenbearbeitung sowie den höheren Energie- und Nährstoffbedarf der konventionellen Methoden, kann 1/5 weniger Erträge durch ökologische Anbausysteme durchaus als erfolgreiches Ergebnis gewertet werden. Die qualitative Aufwertung der Humusschicht bedingt als Nebeneffekt eine höhere Fixierung von klimaschädlichen Kohlendioxid und eine höhere Verfügbarkeit des, für die Pflanzen wichtigen, Kohlen- und Stickstoffs im Boden. Dies wiederum kann erheblich der Klimaerwärmung entgegenwirken (CLERC, et al., 2011) und in Richtung einer Klimaneutralisierung der Landwirtschaft beitragen. Schätzungen zufolge trägt die globale Landwirtschaft derzeit mit einem Anteil von 12 bis 32 Prozent (NIGGLI, et al., 2009) zum Klimawandel bei – aufgrund des Methanausstoßes der Viehwirtschaft, dem CO₂-Verbrauch zur Dünger- und Pestizidherstellung, der Abholzung der Wälder für Ackerbau, etc. (MÄDER, et al., 2009).

Darüber hinaus räumen die Experten des Forschungsinstituts für biologischen Landbau dieser Bewirtschaftungsform noch weiteres Potential ein und sehen darin eine realistische Alternative zur Intensivlandwirtschaft.

3.2 Einfluss der Kulturform auf die Qualität der Tomaten

In einem Projekt, der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Gartenbau Wien (HBLFA), das in den Jahren 2005 bis 2007 durchgeführt wurde, untersuchte man den Einfluss der Sortenwahl, des Kulturverfahrens sowie die Lager- und Vermarktungsverfahren auf die innere Qualität von Tomaten. (PALME, et al., 2007)

Die Produktionsverfahren wurden im Rahmen des erdelosen Anbaus und des Folien- beziehungsweise Freilandanbaus durchgeführt. Danach untersuchte man den Gehalt der wertgebenden Inhaltsstoffe (Ascorbinsäure, Polyphenole, Tocopherole, diverse Pigmente sowie das antioxidative Potential) unter Berücksichtigung unterschiedlicher Lagerdauer und –temperatur.

Die ausgewählten Sorten umspannten die Produktgruppen:

- lose, runde (long-shelf- und semi-long-shelf-Typen)
- Rispentomaten (long-shelf- und semi-long-shelf-Typen)
- Cherry- und Cocktailtomaten
- *Lycopersicon peruvianum* (Wildsorte)

Die Ergebnisse ergaben eindeutige Unterschiede bezüglich der Sortenauswahl. So wiesen Cherry-Tomaten, verglichen mit Salat- und Cocktailtomaten, einen um 27 Prozent höheren Gehalt an Phenolsäuren auf. Die Wildsorte *Lycopersicon peruvianum* übertraf die Werte der anderen untersuchten Fruchttypen um 100 Prozent. Der Ascorbinsäuregehalt *L. peruvianum* war ebenfalls signifikant zu den anderen Fruchttypen und betrug einen um 160 Prozent höheren Wert. Die übrigen Fruchttypen wiesen ähnliche Konzentrationen auf. Das Carotinoid-Profil der rot-gefärbten Tomaten belief sich auf ein 5:1 Verhältnis von Lycopin zu β -Carotin, die orange Spezialsorte „Auriga“ zeigte ein umgekehrtes Verhältnis von 1:5. Bei Green Zebra und *L. peruvianum* kam es zu einer Überlagerung der Carotinoide durch Chlorophyll a und b. (PALME, et al., 2007)

Diese Ergebnisse bestätigten die Erwartungen, es scheint daher möglich zu sein, die Carotinoidkonzentrationen anhand der Pigmentierung der Tomate grob abzuschätzen.

Bezüglich des Lycopingehalts ergaben sich beim Freilandanbau ebenfalls höhere Werte (+ 37 %) im Vergleich mit den Kulturverfahren im Glashaus oder Folientunnel. β -Carotin wies bei erdelosem Anbau im Glashaus rund 30 Prozent geringere Werte auf, der Freilandanbau brachte hinsichtlich des Luteins je nach Sorte zwischen 52 bis 101 Prozent höhere Konzentration im Vergleich zu den Glashauskulturen auf. Innerhalb des Glashauses (erdelos bzw. in Erde) zeigte sich, dass bezogen auf den Luteingehalt der Anbau in Erde dem erdelosen vorzuziehen ist. (PALME, et al., 2007)

Erklärbar ist der Unterschied zwischen Freiland- und Glashausanbau, da es sich bei Carotinoiden um „Stress-Pigmente“ handelt. Je mehr oxidativer Stress in der Pflanze entsteht, desto mehr Carotinoide müssen gebildet werden, um die zellulären Schädigungen der Photosynthese einzudämmen. Bei direkter Sonnenbestrahlung ist diese Situation eher gegeben, als im etwas geschützteren Glashaus. Des Weiteren lenkt das Glas des Treibhauses das Licht zusätzlich ab beziehungsweise filtert es ein wenig, sodass wahrscheinlich die Pflanze mit einer geringeren Carotinoid-Synthese reagiert.

Neben den zuvor beschriebenen Faktoren (Sortenwahl, Anbauform) auf das Profil der Inhaltsstoffe der Tomate, nimmt, im Bezug auf den Alkaloidgehalt der Früchte, der Erntezeitpunkt maßgeblichen Einfluss. Dieser reduziert sich im Rahmen der Reifung, sodass bei vollreifen Tomaten, wenn überhaupt noch vorhanden, nur Spuren nachweisbar bleiben. (WEISS, 2007)

Nachgereifte Tomaten weisen erheblich höhere Konzentrationen auf, als Früchte, die bereits vor der Ernte das Vollreife-Stadium erreicht haben. (FRIEDMAN, 2002)

3.3 Ökologische Aspekte

Unter dem ökologischen Blickwinkel ist ein Einkauf im Rahmen der Regionalität und Saisonalität ein wichtiger Beitrag zum nachhaltigen Umgang mit der Natur und den Ressourcen. Die Konsumenten könnten auf diesem Wege weitere Vorteile für ihre Gesundheit lukrieren.

Bei Berücksichtigung regionaler Lebensmittel profitiert man von einer längeren Vegetationsdauer der Pflanze, folglich der Ernte vollreifen Gemüses und Obstes. Dies wäre mit einem erheblich höheren Anteil an gesundheitsfördernden Stoffen in den Pflanzen assoziiert, wodurch die Nährstoffdichte bzw. -qualität der menschlichen Ernährung aufgewertet wäre. Eine bessere Nährstoffversorgung würde sich wiederum als zusätzlicher, positiver Faktor in der Prävention chronischer Erkrankungen zu Buche schlagen.

Regionale Produkte verkürzen sowohl die Lagerzeit als auch die Transportwege, dies wirkt positiv auf die CO₂-Bilanz, da weniger CO₂ (LKW, Schiff, Flugzeug) emittiert und in Folge die Umwelt weniger belastet wird. Der verkürzte Transport hilft auch einen nachhaltigeren Umgang mit nicht erneuerbaren Rohstoffen (Erdöl) zu gewährleisten.

Wichtigster Vorteil für den Konsumenten ist zudem, dass das Lebensmittel schneller beim Endverbraucher ankommt und dadurch nährstoffreicher als importierte (asaisonale) Ware ist.

Ein weiterer, nicht unerheblicher Punkt ist, ob Lebensmittel aus biologischem Anbau dem konventionell hergestellten vorzuziehen sei. Ein Grund pro Bio-Lebensmittel ist die viel geringere Pestizidbelastung (beschränkter bis verbotener Einsatz).

Die Differenz zwischen den beiden Anbauweisen ist dabei beachtlich. Während konventionelles Gemüse und Obst durchschnittlich mit 0,4 mg (400 µg) Pestizide/kg belastet ist, glänzt Bio-Obst und –Gemüse im Mittel mit 0,001 mg (1 µg) beziehungsweise 0,002 mg (2 µg) Pestizide/kg (Chemisches & Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart; DGE, 2007).

Bezüglich Bio-Lebensmittel muss jedoch auch erwähnt werden, dass biologischer Anbau nur Sinn macht, wenn er regional stattfindet und die geernteten Produkte nicht weit transportiert werden müssen. Es bringt, bezogen auf den Nährstoffgehalt, auch nichts Bio-Ware aus fernen Ländern zu importieren, da Transportwege immer möglichst kurz gehalten werden sollen. Auch Gemüse und Obst aus biologischem Anbau kann nicht zur Vollreife in Südamerika gelangen, da die Lebensmittel bereits verdorben beim europäischen Konsumenten ankommen würden.

3.3.1 Einfluss der Lagerung und Zubereitung auf den Nährstoffgehalt

Ein häufig unterschätzter Bereich betrifft die Vorratshaltung und die Verarbeitung von Lebensmitteln. Werden Naturprodukte falsch gelagert finden dabei die größten Qualitätseinbußen statt, weshalb ein besonderes Augenmerk auf Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Bestandumsatz (Lagerzeiten) und sonstige Umwelteinflüsse (z.B. Licht- und Sauerstoffeinflüsse) gelegt werden sollte. So empfiehlt es sich Öle bevorzugt in dunklen Flaschen an nicht zu warmen Orten zu lagern, auch bei Gemüse und Obst werden viele Fehler gemacht. Tomaten beispielsweise sollten bei 8 – 10° C gelagert werden, da sich bei dieser Temperatur das Aroma am besten erhalten lässt. (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2005)

Ein 16-tägiger Lagerungsversuch von Palme et al. (PALME, et al., 2007) brachte die Erkenntnis, dass der Ascorbinsäuregehalt bei Lagertemperaturen von 26° C bei manchen Sorten eine signifikante Zunahme verursachte, während bei 12° C keine Veränderungen bezüglich des Ascorbin- oder Carotinoidgehalts gegenüber dem Ausgangswerts festzustellen waren. Maiani et al. berichten in einem Lagerversuch über 10 Tage, dass bei Temperaturen von 15 und 25° C doppelt so viel Lycopin erhalten blieb, als bei gekühlten Tomaten (7° C). (MAIANI, et al., 2009)

Aus diesen Gründen wird in dieser Arbeit eine Temperatur von maximal 12° C – 15° C zur Lagerung von Tomaten empfohlen, da sie über 20° C nachreifen und somit vollreif geerntete Früchte dadurch schneller verderben würden.

Meist werden sie jedoch zu kalt (2 - 4° C) beziehungsweise zu warm (Raumtemperatur) gelagert. Die Lagerung bei Zimmertemperatur ist nur zu Nachreifungszwecken sinnvoll – dies ist bei vollreifer Ernte der Früchte jedoch nicht von Notwendigkeit.

Durch lange Lagerzeiten kommt es zum Verwelken pflanzlicher Lebensmittel. Physiologisch bedeutet dies Stress für die Pflanze, wobei noch vorhandene Antioxidantien (z.B. Vitamin C, Betacarotin,...) als Gegenwehr verbraucht werden. Folglich führt dies zu immer höheren Nährstoffverlusten in sehr kurzer Zeit. Bei zusätzlich relativ trockener Luft wird dieser Abbau aufgrund erhöhter Wasserabgabe beschleunigt. (BÖHLER, 2011)

Davon sind vor allem empfindliche Vitamine (Ascorbinsäure, Folsäure, Thiamin) betroffen, die durch enzymatische und chemische Oxidation (Licht, Sauerstoff,...) geschädigt werden.

Dem Verwelken kann durch optimale Lagerbedingungen entgegengesteuert werden. Hauptparameter dafür stellen die Luftfeuchtigkeit und die Lagertemperatur dar. Ist die Luft zu trocken, gibt das Lebensmittel mehr Wasser an die Luft ab - bei zu hoher Luftfeuchtigkeit kann das Pilz- bzw. Keimwachstum erhöht werden, das wiederum den Verderb der Lebensmittel beschleunigen kann.

Die Lagertemperatur muss abhängig vom Lebensmittel gewählt werden. Bei einem Temperaturanstieg über 10°C kommt es zu einer Verdoppelung bis Verdreifachung der biochemischen Abbauraten. Das gleiche gilt analog in die andere Richtung. Sehr empfindlich reagieren Vitamin C und Folsäure auf die falsche Temperatúrauswahl, wobei die Stabilität des Vitamin C auch vom Säuregehalt des Lebensmittels abhängt. (BÖHLER, 2011)

Folsäure wird in einem zu warmen Lager (z.B. Raumtemperatur) sehr rasch abgebaut. Beispielsweise werden in Gemüse innerhalb von drei Tagen bei Raumtemperatur zwischen 50 – 70 % der Folsäure zerstört. (BÖHLER, 2011)

Die naturbelassensten und frischesten Lebensmittel nützen nichts, wenn sie zu lange gelagert und anschließend suboptimal zubereitet werden.

Bei der Zubereitung ist zu beachten, dass Nahrungsmittel innerhalb eines möglichst kurzen Verarbeitungsprozesses behandeln werden sollten, um Nährstoffverluste möglichst gering zu halten. Gemüse sollte erst kurz vor dem Gebrauch, wenn nötig, geschält und geschnitten werden, dadurch lassen sich viele Oxidationsprozesse unterbinden beziehungsweise eindämmen und gleichzeitig eine Verkeimung gering halten. Es ist auch ratsam die Produkte (z.B. Wurzelgemüse) im Ganzen zu garen und erst anschließend zu zerkleinern, um möglichst viele Nährstoffe vor Auslaugung zu bewahren. So oft als möglich sollte die Schale (nach gründlicher Reinigung) mit verzehrt werden, da sehr viele pflanzliche Inhaltsstoffe in beziehungsweise dicht unter der Schale lokalisiert sind.

Gemüse, im Speziellen Salate, sollten nicht in Wasserbädern „ertränkt“, sondern rasch und gründlich unter fließendem Wasser gereinigt werden. Bei Blattgemüse, dem Salat zuzuordnen ist, sollte im Zuge einer optimalen Verarbeitung anschließend das an der Oberfläche anhaftende Wasser, mittels Salatschleuder, abgetrennt werden. Wird Gemüse zu lange gewässert, kommt es folglich zu einer Auslaugung wasserlöslicher Nährstoffe (v.a. wasserlösliche Vitamine und Mineralstoffe). Als weiterer unerwünschter Effekt kommt es, vor allem beim Blattgemüse zu einem Strukturverlust, der beispielsweise dem Salat nach dem Marinieren die letzte Stabilität und Struktur raubt. Als Folge wirkt er welk, schwammig, lapprig und unansehnlich. Bei nicht idealer Behandlung leidet des Weiteren die geschmackliche Komponente, weshalb es wichtig ist Salat nicht in Marinaden zu ertränken, wie es in vielen Haushalten häufig Usus ist. Im bestmöglichen Falle sollte Blattsalat erst kurz vor dem Verzehr mariniert werden, wobei die Flüssigkeitsmenge (Säure, Öl) optimal gewählt ist, wenn

nach dem Marinieren alle Blätter benetzt sind, jedoch (fast) keine Flüssigkeit zurück bleibt.

Oftmals wird Gemüse zu lange gegart, wodurch es in der Küchenterminologie zu einem sogenannten Überkochen kommt. Wichtiger Indikator dafür ist der Farbverlust des Kochguts, wie etwa die Verfärbung von zu lange gegarten Erbsen, die nach der Prozedur eine bräunlich bis graue Kolorierung aufweisen. Da die meisten Inhaltsstoffe relativ empfindlich auf Verarbeitung, respektive Hitze, reagieren ist die richtige Auswahl zwischen Temperatur und Zeit ein entscheidendes Kriterium Nährstoffe während und nach dem Garvorgang im Lebensmittel zu bewahren.

3.4 Gemüse und Obst in der Prävention chronischer Erkrankungen

Viele epidemiologische Studien konnten belegen, dass eine Ernährung reich an Gemüse und Obst positive Einflüsse zur Prävention chronischer Erkrankungen, wie kardiovaskulären Erkrankungen (HE, et al., 2007; DAUCHET, et al., 2006), Schlaganfall (DAUCHET, et al., 2006) und Hypertonie (BOEING, et al., 2012) ausüben kann. Auch bezüglich Entzündungsmarker, wie beispielsweise dem C-Reaktiven Protein (CRP), sowie dem Metabolischen Syndrom bestehen begründete Annahmen protektiver Wirkungen von Gemüse und Obst (ESMAILLZADEH, et al., 2006).

Obwohl die WHO den Evidenzgrad, basierend auf aktuellen Kenntnissen aus der Forschung, für Krebs und einer gemüse- und obstreichen Ernährung auf eine „mögliche protektive Wirkung“ abschwächen musste, ist die Beweislage auf einem „wahrscheinlich protektiven Effekt“ vor bestimmten Krebsarten, beispielsweise lokalisiert im Bereich des Oesophagus, des Magens oder der Lunge, nach wie vor gegeben. (WHO, 2011)

Neben den Vitaminen wird auch den bioaktiven Substanzen in pflanzlichen Lebensmitteln dieser schützende Effekt zugeschrieben. Als ursächliche

Mechanismen werden häufig antioxidative, immunmodulierende Vorgänge zugrunde gelegt beziehungsweise die Fähigkeit Freie Radikale zu „entschärfen“ sowie die Zellkommunikation zu verbessern.

In einer Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Ernährung vom Juni dieses Jahres hat sich eine Arbeitsgruppe um Professor H. Boeing (2012), vom Deutschen Institut für Ernährungsforschung Potsdam-Rehbrücke (DIfE), mit der Fragestellung befasst, ob das Risiko für chronische Erkrankungen durch eine gemüse- und obstreiche Ernährung gesenkt werden kann. Die Ergebnisse legten eine überzeugende Evidenz für die positive Wirkung von Gemüse und Obst gegen Hypertonie, koronare Herz-Krankheiten und Insult dar. (BOEING, et al., 2012)

Im Hinblick auf Krebserkrankungen konnten einige große Kohortenstudien, wie die European Prospective Interinvestigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Studie (RIBOLIA, et al., 2002) oder die National Institutes of Health-American Association for Retired Persons (NIH-AARP)-Studie (SCHATZKIN, et al., 2001), eine Risikosenkung mit höherem Gemüse- und Obstkonsum (REEDY, et al., 2007) bestätigen und wird demnach weiterhin mit einer wahrscheinlichen Evidenz bewertet. (BOEING, et al., 2012)

Bezüglich Diabetes mellitus Typ 2 besteht vermutlich kein direkter Zusammenhang mit einem höheren Gemüse- und Obstverzehr. Da Übergewicht einer der wichtigsten Risikofaktoren für die Entwicklung eines Diabetes mellitus Typ 2 ist, trägt eine gemüse- und obstreiche Ernährung zumindest indirekt zur Prävention dieser chronischen Erkrankung bei, da bei Erhöhung des Konsums durch ein Verdrängungsprinzip (BOEING, et al., 2007) der Verzehr energiereicher Lebensmittel eingeschränkt wird, wodurch das Körpergewicht reduziert beziehungsweise besser zu stabilisieren ist. (DGE, 2012)

Eine *mögliche* Evidenz gilt nun, laut DGE, für die Prävention durch vermehrten Gemüse- und Obstverzehr bezüglich chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (COPD), Demenz, rheumatoide Arthritis sowie Osteoporose und Erkrankungen

der Augen, wie beispielsweise des Katarakts oder der altersbedingten Makulardegeneration (AMD). (DGE, 2012)

Erkrankung	Evidenzgrad					
	überzeugend		wahrscheinlich		möglich	
	Obst	Gemüse	Obst	Gemüse	Obst	Gemüse
Krebs						
Mundhöhle					↓	
Rachen					↓	
Kehlkopf					↓	
Speise-röhre			↓			
Magen			↓		↓	
Dick-/Mastdarm			↓		↓	
Lunge			↓		↓	
Niere					↓	
Harnblase					↓	
Eierstock					↓	
Brust			—			
Prostata			—			
Adipositas			— ¹		↓ ²	
Diabetes mellitus Typ 2			—			
Hypertonie	↓					
Koronare Herzkrankheiten	↓					
Schlaganfall	↓					
Chronisch entzündliche Darmerkrankungen	Ø		Ø		Ø	
Rheumatoide Arthritis					↓	
Chronisch obstruktive Lungenerkrankung					↓	
Asthma					↓	
Osteoporose					↓	
Demenz					↓	
Augenerkrankungen						
Makuladegeneration					↓	
Katarakt					↓	
¹ Gewichtsverlust, ² Gewichtszunahme, ↓ Risikosenkung, — kein Zusammenhang, Ø unzureichende Evidenz						

Tab. 2 Evidenz Gemüse und Obst – Prävention chron. Erkrankungen
(Evidenz nach Härtegrad), modifiziert nach (DGE, 2012)

3.5 Die Tomate (*Solanum lycopersicum*)



Abb. 2 *S. lycopersicum*

© David Besa,

<http://solgenomics.net/organism/1/view/>

3.5.1 Botanik

Die Tomate ist eine strauchartige bis kriechende, ein- oder zweijährige, manchmal ausdauernde Pflanze (hauptsächlich Wildformen) mit Ursprung in Südamerika (Peru, Chile) und den Galapagos-Inseln.

Für das Wachstum förderlich sind sonnige und warme Standorte mit mäßiger Luftfeuchte (FREITAG, 2010), wobei manche Sorten selbst in einer der trockensten Regionen der Erde, der im Norden Chiles befindlichen Atacama-Wüste, gedeihen. Ein Grund für diese Fähigkeit ist, dass die Tomatenpflanze zu den Tiefwurzlern zählt und dadurch auch auf trockenen Böden Zugang zu tiefer gelegenen Wasservorkommen hat, der Hauptteil der Wurzelmasse befindet sich jedoch in den oberen Krumenschichten. (FREITAG, 2010)

Tomaten vertragen keine Staunässe, da sie dadurch häufig Braunfäule entwickeln. Dabei handelt es sich um eine Pilzerkrankung für die *Phytophthora infestans* verantwortlich ist. Um diese Gefahr zu minimieren sollte stets morgens gegossen werden, damit die Blätter über den Tag hinweg trocknen können. An besonders warmen Tagen ist auch eine Wasserzufuhr bis in die Mittagsstunden möglich. Wildformen hingegen zeigen im Allgemeinen eine höhere Resistenz gegenüber diesem Krankheitsbild, weshalb sie immer wieder

in Züchtungen eingekreuzt werden, um diese Resistenz in die Genetik der Tomatensorten zu manifestieren. (FREITAG, 2010)

Die grünen Stängel der Pflanze weisen eine feine Behaarung auf, die aus einzelligen Trichomen mit einer Länge von etwa 0,5 Millimeter sowie vereinzelt mehrzelligen, etwa 3 Millimeter langen Trichomen bestehen. Diese besitzen drüsige Spitzen, die der Pflanze ihren charakteristischen Duft verleihen. (DUWE, 2012)

Das Laub ist unterbrochen unpaarig gefiedert, deren Ränder meist unregelmäßig fiederschnittig bis grob gezahnt erscheinen und mit einer Länge zwischen 3 und 10 Zentimeter, abhängig von der Sorte, beschrieben werden.

Die meisten Tomatensorten sind Selbstbefruchter, entwickeln arttypische gelbe Blüten, bestehend aus 6 Kronblättern, in deren Mitte ein oberständiger Fruchtknoten lokalisiert ist. Die Blütenanordnung präsentiert sich traubenförmig mit 3 bis 25 Einzelblüten (sortenspezifisch), woraus sich im Laufe der Reifung die 2 bis etwa 10 Zentimeter großen Beeren ausbilden. (FREITAG, 2010)



Abb. 3 Tomatenblüte und Trichome des Stängels (*S. lycopersicum*)

Quelle: www.pflanzen-deutschland.de



Abb. 4 Querschnitt Tomate, Fruchtkammern

Quelle: DI Wolfgang Palme, HBLFA Schönbrunn

Das Innere der Früchte ist in 2 bis 6 Fruchtkammern (siehe Abb. 4) unterteilt, wobei die Anzahl der Kammern eher größenabhängig, denn sortenabhängig ist. Kleinere Exemplare stellen häufig einen Zwei- bis Dreikammertyp dar

(Cocktail- und Cherrytomaten bzw. viele Rundsorten), große Fleischtomaten, die, wie der Name andeutet zum überwiegenden Teil aus „Fleisch“ – dem Perikarp – bestehen, können bis zu 10 Kammern aufweisen wobei diese relativ wenige Samen beinhalten. Fleischtomaten erreichen mitunter Massen bis zu einem Kilogramm, der Durchschnitt beträgt zwischen 400 und 700 Gramm.

Innerhalb der Kammern ist eine gallertartige Substanz, das sogenannte Fruchtojelly oder Pulpe, enthalten. Im Fruchtojelly sind wiederum bis zu 250 Samen eingebettet (DUWE, 2012), wobei, wie erwähnt, Fleischtomaten weniger Samen aufweisen.

Die Formen und Farben der Tomaten sind ebenso mannigfaltig, wie ihr Geschmack. Eine wissenschaftliche Klassifizierung der Formen ist bis heute nicht gegeben, weshalb in dieser Arbeit die Einteilung der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt (HBLFA) für Gartenbau Wien – Schönbrunn, in Rücksprache mit dem anerkannten Gemüseexperten und Leiter der Abteilung Gemüsebau, Diplom-Ingenieur Wolfgang Palme, übernommen wird.

Diese erfolgt in:

- Rundtomaten (lose, = Salattomate)
- Rispentomaten (runde, an der Rispe geerntet)
- Eierfruchtige bzw. längliche Tomaten (= San Marzano-Typ)
- Fleischtomaten
- Cherrytomaten (Johannisbeer-Typ, kleiner als Cocktaitomate)
- Cocktaitomate (bezüglich Größe zwischen den Rundtomaten und Cherrytomate, Durchschnittsgröße etwa 4 cm)

Die Farben der unterschiedlichen Tomatensorten erstrecken sich von rot, gelb und orange bis zu dunkelviolett und grün. Sie können dabei einfarbig oder unterschiedliche Farbschattierungen sowie Streifen aufweisen, wie es beispielsweise bei Green Zebra der Fall ist (siehe unten links)



Abb. 5 Farbenvielfalt

Quelle: <http://www.blog.tomatenundanderes.at>

Der Geschmack deckt ebenfalls ein breites Spektrum ab. Von den sehr süßen Johannisbeersorten, über eher mineralisch zu definierenden Sorten erstreckt sich das Aroma bis zu sehr bitteren, alkaloidreichen Arten, sodass für fast alle Vorlieben die passende Tomate zur Verfügung steht.

Unter gastronomischem Aspekt ist die Tomate, aufgrund ihrer schier endlosen Vielfalt, eines der am unterschiedlichsten einsetzbaren Gemüse. Von Cocktails bis Desserts lassen sich viele unterschiedliche Gerichte mit ihr kreieren, wobei sich die verschiedensten Nuancen herausarbeiten lassen und wahre Geschmacksexplosionen ermöglicht werden.

3.5.2 Herkunft – Die Wiege der Tomate

Im Gegensatz zur Taxonomie herrscht bezüglich der geographischen Herkunft der Wildtomate Einigkeit. So wird als Ursprung für *Solanum peruvianum* (Höhenlagen 0 – 600 Meter) die Küsten- und Wüstengebiete in Zentral-Peru sowie dem nördlichen Chile angenommen. Während zwei endemische Arten, *S. galápagense* und *S. cheesmaniae*, nur auf den Galapagos-Inseln (DARWIN, et al., 2003) heimisch sind.

Die Verbreitung, durch Introgression gefördert, erreichte auch bald weitere Regionen, wie Ecuador (selbst in Höhenlagen bis zu 3.300 Meter), Kolumbien, Mexiko und Bolivien. Die Tomate ist in vielen verschiedenen Habitaten anzutreffen, sodass sich *S. lycopersicon* im niederschlagsreichen Gebiet östlich der Anden (Niederschlag: 2061 mm) (NAKAZATO, et al., 2011), verbreiten konnte, hingegen konnte sich westlich des Gebirges *S. pimpinellifolium* selbst in

den trockenen Ebenen an der Küste (TEPPNER, 1993), als auch in Regionen der Atacama-Wüste (Norden Chiles) behaupten.

Diese sehr unterschiedlichen klimatischen Voraussetzungen sind die Basis unterschiedlicher Nährstoffkompositionen und ein Grund für die breite Diversität innerhalb der *Lycopersicon*-Gruppe. Gleichzeitig stellt es ein anschauliches Beispiel für die Dringlichkeit dar, diese biologische Vielfalt zu schützen und zu erhalten.

Die beiden endemischen Spezies auf den Galapagos-Inseln zeichnen sich, aufgrund ihres Vorkommens an den Küstenregionen und dem unweigerlichen Einfluss der Meeresgischt, durch eine höhere Salzresistenz aus, das möglicherweise eine Bedingung für die Ausreifung von vornehmlich gelben und orangen Beeren sein könnte, da orangefärbige Früchte nur bei *S. galápagenese* und *S. cheesmaniae* beschrieben sind. *S. pimpinellifolium* und *S. lycopersicon* entwickeln hingegen vorwiegend rote Früchte. (DARWIN, et al., 2003)

Ein Anbauversuch von Sgherri et al. (2008) mit Meerwasser angereicherter Bewässerung (Salzgehalt 12%) einer Cherry-Tomate (Kultursorte *Naomi*), ergab einen höheren Gehalt an Inhaltsstoffen. So wurden erhöhte Werte für Ascorbinsäure, Tocopherol, Chlorogensäure, reduzierende Zucker und ein Anstieg an titrierbaren Säuren festgestellt. (SGHERRI, et al., 2008)

Die Hypothese der Autoren machte für den Umgang der Pflanze mit dem Salzwasser und den dadurch ausgelösten oxidativen Stress, eine höhere Aktivität von Kaffee-, Ferula-, und Vanillinsäure verantwortlich. (SGHERRI, et al., 2008)

Eine weitere Möglichkeit wäre, dass die Kulturform eine genetische Assoziation mit den Spezies der Galapagos-Inseln aufweist, wie sie beispielsweise durch Einkreuzungen erfolgt sein könnte, weshalb weitere Untersuchungen in dieser Richtung durchaus wünschenswert wären.

3.5.3 Taxonomie der Wildtomate

Bezüglich der Taxonomie gibt es immer noch Unklarheiten und Diskussionen, doch seit der Sequenzierung des Tomatengenoms ist man einer akzeptablen Lösung näher denn je. Da sich die Experten bis dato nicht einig sind, soll auch im Rahmen dieser Arbeit keine Lösung angestrebt werden, weshalb, bis auf gesicherte Informationen, dieser Bereich nach Möglichkeit ausgespart bleiben soll.

Es sind bislang vier beschriebene und anerkannte Wildformen bekannt, *Solanum peruvianum*, *S. pimpinellifolium*, *S. cheesmaniae*, *S. galápagense*. Gemeinsam mit *S. lycopersicon* werden sie in der sogenannten *Lycopersicon*-Gruppe zusammengefasst. Die Tomate ist sehr nahe mit der Kartoffel (*Solanum tuberosum*) verwandt, mit ihr gemeinsam hat sie ihre taxonomische Heimat in der Untergattung *Potatoe*.

Neben der Farbe sind auch enorme Größenunterschiede feststellbar. So bildet *S. lycopersicum* große Früchte aus, denen auch vorwiegend die heutigen Kulturformen (*S. esculentum* var. *esculentum*) zuzurechnen sind, während *S. pimpinellifolium* sehr kleine Beeren hervorbringt, was ihr den Trivialnamen „Johannisbeertomate“ (TEPPNER, 1993) einbrachte.

(siehe Abb. 6 Kulturform (li.) versus Wildform (re.))



Abb. 6 Kulturform (li.) versus Wildform (re.)

Quelle: www.solgenomics.net

3.5.3.1 Linné und Miller

Wie eingangs erwähnt herrscht taxonomische Uneinigkeit, weshalb für *Solanum lycopersicum*, wie die Tomate nach Carl Linné bezeichnet wird, analog auch häufig der Name *Lycopersicon esculentum* in der englischsprachigen Literatur Verwendung findet. Der aus London stammende Botaniker Philip Miller vertrat eine andere Auffassung als Linnés Klassifizierung der Tomate in der Familie der *Solanaceae* (Nachtschattengewächse), sodass er Mitte des 18. Jahrhunderts eine eigene Klassifizierung, im „Gardener’s Dictionary“, veröffentlichte. In dieser definierte er sieben Spezies als selbständigen Genus *Lycopersicon* (= *Wolfspfrsich*), das, im Zuge der botanischen Bezeichnung, mit dem endständigen *Mill.* konturiert wird (z.B. *Lycopersicon esculentum* Mill.). Der Terminus des Botanikers ist bis heute vorwiegend im angloamerikanischen Raum tief verwurzelt. (MATTHES, 1999)

Es gibt, trotz synonymen Verwendung, einige Unterschiede in Anatomie und Morphologie der *Antheren* (Staubgefäße) und ihrer *Stomata* (Poren) zwischen den *Lycopersicon*- und den *Solanum*-Arten (TEPPNER, 1993), was auch immer wieder die Diskussion um die Selbständigkeit der Miller’schen *Lycopersicon*-Arten anfachte. Viele Taxonomen sind mittlerweile größtenteils einig, die Tomate in der Gattung *Solanum* zu belassen. Dies wird gestützt durch die im Mai 2012 gelungene, fast vollständige Sequenzierung des Tomatengenoms (*Solanum pimpinellifolium* und der Kulturform „Heinz 1709“), durch ein 2003 gegründetes internationales Konsortium. Auf Basis der Phylogenetischen Daten bestätigt sich die tiefe Verwurzelung der Tomate in den *Solanaceae*.

Es wird angenommen, dass die Tomate in Peru beziehungsweise in Mexiko erstmals als domestizierte Pflanze in der Geschichte des Menschen in Erscheinung trat (MATTHES, 1999), wobei der Zeitpunkt dieses Ereignisses ebenfalls strittig ist.

3.5.4 Stellung der Tomate in Europa

Sehr lange Zeit wurde die Tomate außerhalb Südamerikas, aufgrund der angeblichen Giftigkeit, verschmäht. Im überwiegend christlichen Glauben Europas wurde sie mitunter verachtet, da sie unter Verdacht stand der Grund für Liebeswahn zu sein. Seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts galt sie als interessantes Gemüse, dem hauptsächlich die Bevölkerung im Süden Europas zugetan war. Doch bis in die 1960er Jahre wurde die Frucht nur bedingt empfohlen, da ihr fälschlicherweise ein hoher Oxalsäuregehalt zugeschrieben wurde, weshalb sie für Personen mit Nierenerkrankungen als problematisch eingestuft wurde.

Obwohl die Tomate heute als eines der beliebtesten Gemüse weltweit gilt, sind nach wie vor die südlichen Länder, wie Griechenland, Italien und Spanien die größten Verbraucher in Europa, mit einem pro-Kopf-Verbrauch (2007) von 61, 31 und 17 Kilogramm (EUROSTAT, 2008). Dänemark belegte im selben Jahr, mit 32 Kilogramm pro-Kopf (EUROSTAT, 2008), den zweiten Platz hinter den Griechen jedoch vor Italien, obwohl die italienische Küche ohne „Pomodoro“ nicht vorstellbar wäre.

Botanisch gesehen sei bemerkt, dass es sich eigentlich nicht um Gemüse handelt, sondern um die Früchte der Pflanze, die als Beeren zu klassifizieren sind – weshalb sie eigentlich eher dem Obst zuzurechnen wäre.

In Deutschland, anno 2010/11 (April/März), belief sich laut Bundesministerium der pro-Kopf-Verbrauch für Tomaten auf etwa 24,9 Kilogramm und stellte somit das meist gegessene Gemüse dar. Interessanterweise betrug der Anteil der frischen Tomaten nur etwa ein Drittel (8,1 Kilogramm) der Gesamtmenge, der überwiegende Teil wurde durch verarbeitete Tomatenprodukte aufgenommen. Ähnliche Tendenzen wurden auch für die Vereinigten Staaten von Amerika aufgezeigt, jedoch war der Anteil an frischen Tomaten, verglichen mit dem deutschen Konsumverhalten (33 Prozent), mit nur 12 prozentigem Anteil, drastisch geringer.

3.5.4.1 Weltweite Produktion der Tomate

Die weltweite Tomatenproduktion, exklusive Gartenkulturen, belief sich anno 2010 auf etwa 151.699.405 Tonnen. (FAO, 2010)

Die Top-Produzenten sind nachstehend aufgeführt, zur besseren Vergleichbarkeit der Dimensionen sind auch die Heimat der Tomate (Peru) sowie Deutschland und Österreich angeführt.

Land	Quantität (in t)
China	47.116.084
USA	12.858.700
Türkei	10.052.000
Italien	6.024.800
Spanien	4.312.700
Griechenland	1.406.200
Peru	224.897
Deutschland	73.285
Österreich	44.241

Tab. 3 Weltproduktion Tomate 2010

Quelle: FAO, <http://faostat.fao.org>

3.5.5 Inhaltsstoffe reifer Tomaten

Die hier angeführten Werte entstammen der Datenbanken der USDA und der online-Ausgabe des Souci-Fachmann-Kraut und stellen nur Durchschnittswerte verschiedener Sorten dar.

Die tatsächlichen Konzentrationen der einzelnen Substanzen können innerhalb der Art, aufgrund der riesigen Sortenvielfalt (man geht von bis zu 10.000 verschiedenen (Kultur-)Sorten aus) enorm variieren. Neben der vorliegenden Sorte sind auch weitere Einflüsse, wie Bodenqualität beziehungsweise die Nährstoffzusammensetzung, Anbauregion, Klima, Anbau und Ernteverfahren, sowie Lagerungs- und Transportdauer von immenser Bedeutung.

Folgende Zusammenstellung soll einen Überblick bieten, erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

<i>Solanum Lycopersicon</i>					
<i>Durchschnittswerte per 100 Gramm</i>					
Energiegehalt	74	KJ	Trockensubstanz	6	g
			Wassergehalt	94	g

Tab. 4 Inhaltsstoffe Tomate, mod. nach USDA

Kohlenhydrate			Fettsäuren (FS)		
<i>(pro 100 g)</i>			<i>(pro 100 g)</i>		
<i>Ballaststoffe</i>	1,80	g	<i>Gesättigte FS</i>	28	mg
<i>Glukose</i>	1,25	g	<i>Ungesättigte FS</i>	31	mg
<i>Fructose</i>	1,37	g	<i>Mehrfach ungesättigte FS</i>	83	mg

Tab. 5 Tomate - Kohlenhydrate & Fette

Proteine					
Verteilung Aminosäuren <i>(pro 100 g)</i>					
Glutaminsäure	431	mg	Glycin	19	mg
Asparaginsäure	135	mg	Isoleucin	18	mg
Threonin	27	mg	Valin	18	mg
Lysin	27	mg	Prolin	15	mg
Alanin	27	mg	Tyrosin	14	mg
Phenylalanin	27	mg	Histidin	14	mg
Serin	26	mg	Cystein	9	mg
Leucin	25	mg	Methionin	6	mg
Arginin	21	mg	Tryptophan	6	mg

Tab. 6 Tomate – Aminosäuren

Vitamine (pro 100 g)			Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe (pro 100 g)		
Ascorbinsäure	2,5	mg	Lycopin	2,57	mg
Tocopherole*	800	µg	β-Carotin	449	µg
Niacin	540	µg	Lutein & Zeaxanthin	123	µg
Pyridoxin	100	µg	α-Carotin	101	µg
Pantothensäure	90	µg	Phenolsäuren**	1–5	mg
Retinol	42	µg	Chlorogensäure**	1,3–3,8	mg
Riboflavin	40	µg	Kaffeesäure**	8,5	mg
Thiamin	20	µg	Flavonoide**	0,5–5	mg
Phyllochinon	8	µg	Quercetin**	0,3–7	mg
* ad Tocopherole			Rutin**	1-1,5	mg
α-Tocopherol	540	µg	Naringenin**	0,8-4,2	mg
γ-Tocopherol	120	µg			
β-Tocopherol	10	µg			

Tab. 7 Tomate – Gehalt: Vitamine & Sekundäre Pflanzenstoffe

** (MAIANI, et al., 2009)

Mineralstoffe					
Kalium	247	mg	Eisen	300	µg
Phosphor	26	mg	Zink	117	µg
Magnesium	20	mg	Mangan	114	µg
Calcium	14	mg	Kupfer	59	µg
Natrium	6,3	mg	Fluor	2,3	µg
			Zink	150	µg

Tab. 8 Tomate - Mineralstoffgehalt

In der Tomate sind folgende Carotinoide prädominant:

Das quantitativ meist vorkommendes Carotinoid ist Lycopin, gefolgt von Phytoen, Phytofluene, ζ-, γ- und β-Carotin sowie Neurosporin und Lutein. (KHACHIK, et al., 2002)

Bei orangefarbenen Tomaten stellt hingegen das β-Carotin das Hauptpigment dar. (PALME, et al., 2007)

3.5.6 Glykoalkaloide der Tomate

Solanum-Alkaloide weisen aufgrund ihres hydrophoben Steroidanteils respektive ihrer hydrophilen Kohlenhydratreste den *Saponinen* ähnliche Eigenschaften auf (z.B. membranschädigende Wirkung). (WEISS, 2007)

Unreife Früchte der Pflanze, ebenso wie die Stängel und Blätter enthalten Glykoalkaloide, die ein typisches Charakteristikum für die Gattung *Solanum* darstellen. Bei den Tomatenpflanzen ist vor allem α -*Tomatin* und *Dehydrotomatin* von Bedeutung, die Kartoffel (*S. tuberosum*) enthält das bekanntere *Solanin*. (WEISS, 2007)

Die Synthese der Alkaloide bewirkt einen physiologischen Schutz der Pflanze vor Bakterien, Pilze, Viren und Nematoden. (KOZUKUE, et al., 2004)

Es handelt sich dabei um pharmakologisch wirksame Substanzen mit bitterem Geschmack, die im Lebensmittel ab einer Konzentration von 11 mg/100 g wahrnehmbar sind (WEISS, 2007). Alkaloide bestehen aus einem *Aglykon* (= Nicht-Zucker-Anteil), das eine Steroidstruktur aufweist und einem oder mehrerer Kohlenhykomponenten (= Zuckerrest), die sich in ihrer Zusammensetzung unterschiedlich gestalten können. Beim *Glykoalkaloid* α -*Tomatidin* besteht die Zusammensetzung aus dem *Tomatidin* (= *Aglykon*) und Xylose, Galaktose, Glukose, Glukose (= Kohlenhydratkomponente). Das *Dehydrotomatin* setzt sich aus *Dehydrotomatidin* (= *Aglykon*) und denselben Kohlenhydraten (Xyl, Gal, Glu, Glu) wie bei α -*Tomatidin* zusammen, die Wirkung der beiden erfolgt synergistisch, wobei der Gehalt des *Dehydrotomatins* in allen Pflanzenteilen erheblich geringer ist, als die Konzentrationen des α -*Tomatins*. (WEISS, 2007)

Im Zuge der Reifung konnten Kozukue et al. (2004) einen fortschreitenden Abbau der *Glykoalkaloide* der Tomate feststellen. Unreife, grüne Tomaten enthielten dabei Werte zwischen 10 bis 30 mg/100 g, hingegen wurden bei vollreifen Früchten, wenn überhaupt, nur noch Werte unter 1 mg/100 g gemessen. In seinem Review berichtet Friedman (2002) von einer in Peru beheimateten Tomatenspezies, *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* zugehörig, die selbst im reifen Zustand einen α -*Tomatingehalt* von 50 bis 500 mg/100 g

Trockensubstanz enthalten. Die bittere Frucht steht bei den Einheimischen auf dem Speiseplan und ist sehr beliebt, überraschenderweise zeigt die Bevölkerung nach dem Verzehr keine Vergiftungssymptome.

Die Toxizität der *Solanum*-Alkaloide wird deshalb unterschiedlich bewertet, während für Glykoalkaloide der Tomate (α -Tomatin und *Dehydrotomatin*) von einer geringeren schädlichen Wirkung ausgegangen wird, gilt für das Hauptalkaloid der Kartoffel, *Solanin*, ein um das 20-fache höherer LD₅₀-Wert als für α -Tomatin. Die akute Toxizität für den Menschen liegt zwischen 3 bis 6 mg/kg Körpergewicht.

Friedman (2002) berichtet über den Einfluss der Alkaloide auf das Profil der Blutlipide, indem sie mit dem in der Nahrung enthaltenen Cholesterin nicht absorbierbare Komplexe bilden. Dieser Umstand bedingt, dass es im Zuge der Verdauung aus dem Körper und somit aus dem enterohepatischen Kreislauf ausgeschieden wird, wodurch die über Nahrungsmittel aufgenommenen Cholesterinmengen reduziert werden können. Des Weiteren geht Friedman davon aus, dass bei Verzehr normal üblicher Mengen, die gesundheitsförderlichen Wirkungen den toxischen überlegen sein könnten.

Trotz dieses positiven metabolischen Effekts wird die Aufnahme in großen Mengen nicht empfohlen, da die toxischen Auswirkungen, wie die Beeinträchtigung der Nervenleitgeschwindigkeit - durch Hemmung der Acetylcholin-Esterase - oder membranschädigende Ereignisse an Bedeutung gewinnen würden. (WEISS, 2007)

Begünstigend auf den Gehalt der Tomatenalkaloide wirkt eine hohe Stickstoffkonzentration im Boden, was vor allem durch den Einsatz von Stickstoffdüngern (konventionelle Landwirtschaft) zu Tragen kommt. (FRIEDMAN, 2002)

Wird zusätzlich die Reifung früher abgebrochen, also nicht ausgereifte Früchte geerntet, wie es bei Importware der Fall ist, wird der Abbau der Alkaloide ebenso frühzeitig beendet, sodass nachgereifte Tomaten erheblich höhere Konzentrationen *Dehydrotomatin* und α -Tomatin aufweisen (WEISS, 2007).

Neben den beiden erwähnten Hauptalkaloiden (*Dehydrotomatin* und α -*Tomatin*) konnten noch weitere Strukturen identifiziert werden. Es wurden einerseits verschiedene Abwandlungen der beiden beschrieben, so besitzt *Solanum arboretum* zwei Tomatin-Strukturen mit einem und zwei Zuckerresten.

Andererseits konnten auch neue Alkaloide, wie γ -Tomatin, Pimpifolidin und 22-Isopimpifolidin nachgewiesen werden. (FRIEDMAN, 2002)

4 Carotinoide

Ihren Namen verdanken die Carotinoide dem deutschen Chemiker und Pharmazeut Heinrich W. F. Wackenroder (1798-1854) (Enzyklo), der im Jahre 1831 zum ersten Mal eine Hydrocarbonverbindung aus Karotten (*Daucus carota*) isolierte und sie aufgrund dessen Carotin nannte. Die in der Natur ubiquitär vorkommenden Pigmentfamilie der Carotinoide konnte man (bis dato) 700 bis 750 verschiedene Carotinoide zuordnen (FERNANDEZ-GARCIA, et al., 2012; SY, et al., 2012), von denen etwa 40 regelmäßig im Rahmen der menschlichen Ernährung vorkommen (KHACHIK, et al., 2002). Von diesen 40 Substanzen werden wiederum etwa 20 aufgenommen, metabolisiert und sind in Blut sowie verschiedenen Geweben identifizierbar. (RAO, et al., 2007)

Das Vorkommen der Carotinoide in der Nahrung, folglich auch im menschlichen Körper, weist dabei recht unterschiedliche Relationen auf, sodass fast 90 Prozent auf α - und β -Carotin, Lycopin, Lutein und Cryptoxanthin entfallen. (RAO, et al., 2007)

Die Einteilung erfolgt in Carotine und Xanthophylle, die im Unterschied zu den Carotinen durch Sauerstoffatome substituiert sind. Carotine bestehen ausschließlich aus Kohlenwasserstoffen.

Bisher sind etwa 50 Carotinoide bekannt, die Provitamin A-Status haben, in der menschlichen Ernährung sind nur 4 von Bedeutung: α -, β - und γ -Carotin (Carotine) sowie β -Cryptoxanthin. (WATZL, et al., 2001)

Xanthophylle, besitzen aufgrund der hydroxylierten Jononringe keine Provitamin A-Wirkung, mit Ausnahme des β -Cryptoxanthins, das nur einen hydroxylierten Jononring besitzt und daher ebenfalls als Provitamin A wirken kann. (WATZL, et al., 2001)

4.1 Chemie der Carotinoide

Ihre Chemie betreffend handelt es sich um lipophile Tetraterpene (C_{40}), die rote, orange und gelbe Farbpigmente in vielen Pflanzen sowie einigen Algen (z.B. *Euglena gracilis*) und Mikroorganismen (z.B. *Blakeslea trispora*) bilden und ihnen ihre intensiven Farben verleihen.

In der Struktur der langen Kohlenwasserstoffketten und etwaiger Substituenten (z.B. Sauerstoff bei den Xanthophyllen) begründen sich auch die Farbintensitäten innerhalb der Carotinoide. Der zugrunde liegende Mechanismus liegt in der Absorption unterschiedlicher Wellenlängen des Lichts durch unterschiedlich dichte Verteilung der Elektronen über das Molekülsystem. Die Anzahl der konjugierten Doppelbindungen nimmt Einfluss auf die Verteilung der π -Elektronen und bedingt dadurch die Herabsetzung der Anregungsenergie der selbigen. Die konjugierten Systeme begünstigen auch die Absorption verschiedener Anteile des sichtbaren Lichtspektrums. (WATZL, et al., 2001)

Die Absorption unterschiedlicher Wellenlängen (z.B. im blauen Bereich) erklärt die Diversität der Farbeindrücke, wobei jeweils die Komplementärfarben für das Auge respektive das Gehirn vermittelt wird. Im Falle des zuvor angeführten blauen Spektralbereiches ergibt dies somit die Wahrnehmung der orangefärbigen Gemüse- und Obstsorten.

Analog dazu äußert sich dies in der roten Farbgebung der Tomaten, der Hagebutte oder der Wassermelone, aufgrund des dominierenden Lycopingehalts dieser Früchte. Dem folgend weisen Gemüse und Obst, die reich an α - und β -Carotin sind, typischerweise eine orange Färbung auf (RAO, et al., 2007), während etwa Zeaxanthin für die gelbliche Farbe des Mais (*Zea*

mayz) oder gemeinsam mit Lutein, für die gelbe Farbe des Eidotters (RAO, et al., 2007) verantwortlich ist.

Selbst in dunkelgrünen Pflanzen, wie Spinat (*Spinacia oleracea*), sind Carotinoide (Lutein und β -Carotin) vorhanden, werden jedoch von Chlorophyll farblich überdeckt. Dies äußert sich am besten zur Herbstzeit, wenn das Chlorophyll im Laub der Blätter abgebaut wird und die unterschiedlichen Braun- und Gelbtöne in den Vordergrund treten.

In manchen Tierarten erzeugen sie ebenfalls charakteristische Färbungen, wobei festgehalten sei, dass diese die Farbpigmente nicht de-novo synthetisieren können, sondern die Carotinoide mit der Nahrung zugeführt werden und im Körper akkumulieren. Die Natur bietet hierfür zahlreiche Beispiele, wie das Federkleid der Flamingos und Kanarienvögel, das Fleisch des Lachs, die Panzer der Schalentiere sowie die Haut des Goldfischs. (MEYER, 2002)

Im Gegensatz zu den zuvor erwähnten Tieren, bei denen vor allem auch die Carotinoide Canthaxanthin und das im Tierreich häufig vorkommende Astaxanthin (MEYER, 2002), spielen im menschlichen Blut vor allem 6 Carotinoide, α -, β -Carotin, β -Cryptoxanthin, Zeaxanthin und Lutein eine maßgebliche Rolle. (FERNANDEZ-GARCIA, et al., 2012; BÖHM, 2012; MAIANI, et al., 2009)

4.2 Biosynthese der Carotinoide

Drei Moleküle Isopentylpyrophosphate (IPP) und ein Molekül Dimethylallyl-Pyrophosphat (DMAPP) bilden zusammen, katalysiert durch das Enzym Geranyl-Geranyl-Diphosphat-Synthase (GGPS), das Geranyl-Geranyl-Diphosphat (GGDP), welches ein C₂₀-Molekül darstellt. Dieser Schritt ist der gemeinsame Vorläufer für die Biosynthese aller weiteren Carotinoide.

Durch Kondensation zweier Moleküle GGDP, die durch die Phytoen-Synthase (PSY) katalysiert wird, entsteht ein C_{40} -Körper – das farblose Phytoen. Es wird davon ausgegangen, dass in vielen Pflanzen die Reaktion der Phytoen-Synthase den limitierenden Schritt in der Carotinoidsynthese darstellt. (LU, et al., 2008)

Phytoen wird anschließend, durch Einfügen von konjugierten Doppelbindungssysteme (= $DB_{konj.}$) in die Struktur, über die Zwischenschritte Phytofluene (5 $DB_{konj.}$), ζ -Carotin (7 $DB_{konj.}$) und Neurosporin (9 $DB_{konj.}$) zum Lycopin umgewandelt. (KOPSELL, et al., 2006)

Lycopin ist somit das letzte acyclische Carotinoid, danach erfolgt die Cyclisierung und damit die Bildung eines oder zweier Jononringe. Nach diesem Schritt teilt sich die Synthese in zwei Gruppen.

Zum einen kann aus Lycopin das δ -Carotin (1 Jononring) gebildet werden, woraus durch die Ausbildung eines weiteren Jononrings das α -Carotin entsteht, durch Hydroxylierung in weiterer Folge das Lutein, das gemeinsam mit Zeaxanthin Bedeutung für den oxidativen Schutz in der Makula des Auges (TAN, et al., 2008) einnimmt.

Zum anderen kann aus Lycopin das γ -Carotin, mit ebenfalls nur einem Jononring, gebildet werden. Daraus folgen durch verschiedene Umwandlungsreaktionen beziehungsweise Hydroxylierungen die weiteren Carotinoide, wie das bekannte β -Carotin, β -Cryptoxanthin, Zeaxanthin und die Epoxide Antheraxanthin, Violaxanthin und Neoxanthin. (KOPSELL, et al., 2006) (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**)

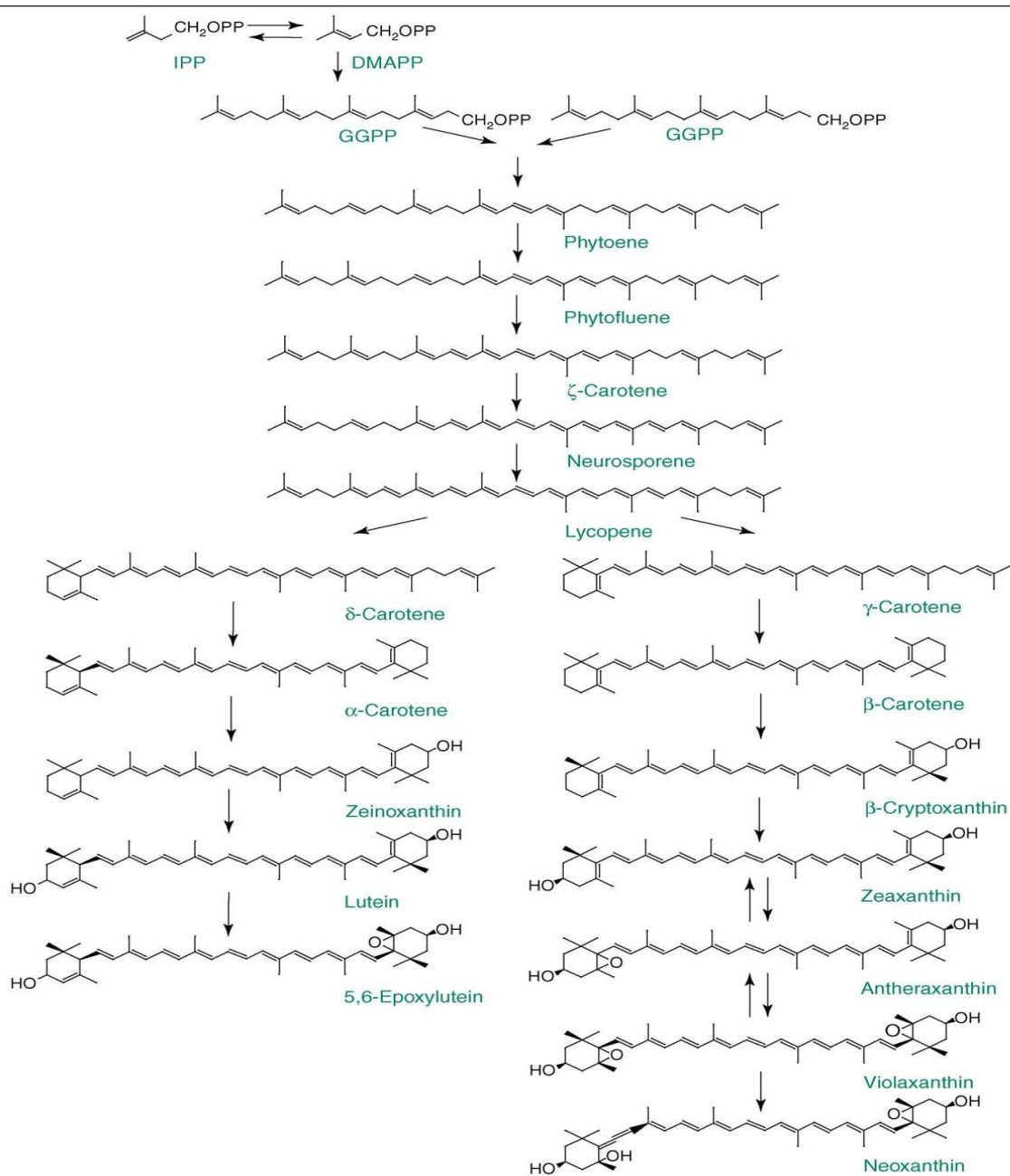


Abb. 7 Schema Carotinoid-Biosynthese

Quelle: (KOPSELL, et al., 2006)

5 Lycopin

Ein wichtiges und interessantes Farbpigment aus der Familie der Carotine ist das Lycopin. Der Name des roten Pigments leitet sich von der botanischen Terminologie der Tomate, *Solanum lycopersicum*, ab. Die rote Farbe begründet sich in der chemischen Struktur, die Licht aller Wellenlängen, ausgenommen der langwelligen, absorbieren kann. (HEGER, et al., 2010)

Eine Vielzahl anderer Pflanzen, wie beispielsweise Hagebutte, Herbst-Ölweide, Gac, Grapefruit (rosa), Guave, Papaya, Safran, Wassermelone oder die in Japan gezüchteten „Lycopin-Karotte“ (*Daucus carota ssp. sativus*; Nutri Red) enthalten Lycopin in nennenswerten Mengen.

In der mitteleuropäischen Ernährung gilt die Tomate als wichtigste Quelle des ψ,ψ -Carotins, wie das Lycopin aufgrund des Fehlens der Jononringe noch genannt wird. In etwa 85 Prozent des Lycopins wird über Tomaten oder Tomatenprodukte aufgenommen (HEGER, et al., 2010). Dies begründet sich jedoch nicht zwangsläufig im hohen Gehalt des Pigments in Tomaten, sondern ist im Zusammenhang mit der Verzehrshäufigkeit im Vergleich anderer Lebensmittel zu betrachten.

5.1 Durchschnittliche Aufnahme des Lycopins

Daten von Schierle et al. (1997) ergaben eine durchschnittliche Konzentration des Lycopins im menschlichen Blutplasma von 0,2 bis 1,0 $\mu\text{mol/l}$. Jenab et al. (2005) berichten, im Rahmen der Epic-Studie, von durchschnittlichen Blutwerten in Nord- und Mitteleuropa zwischen 0,4 und 0,6 $\mu\text{mol/l}$, wobei in Italien und Griechenland, in deren Küche die Tomate eine tragende Rolle spielt, um 50 bis 100 Prozent höhere Blutkonzentrationen gemessen wurden (HEGER, et al., 2010). Diese Veränderungen sind auf den zunehmenden Konsum von Tomaten zurückzuführen, der zwischen dem Jahre 1997 und 2005 in Europa um jährlich durchschnittlich 3,8 Prozent anstieg. (FAO, 2012)

Neben den Pflanzen sind auch einige photosynthetisierende Algen, Bakterien und Pilze zur Lycopinsynthese befähigt. Besonders der Jochpilz *Blakeslea trispora* (Abteilung: *Zygomycota*, Ordnung: *Mucorales*, Familie: *Choanephoraceae*) findet im Rahmen der industriellen Gewinnung des Lycopins Anwendung. Die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) benennt bezüglich der Lycopinaufnahme vier Quellen. Zum einen findet die Aufnahme durch die natürliche Ernährung statt, zum anderen ist das zugeführte Lycopin auf synthetische Ursprünge zurück zu führen, wie beispielsweise durch angereicherte Lebensmittel, Nahrungsergänzungsmittel oder im Rahmen der Verwendung als Lebensmittelfarbstoff (E 160d). (EFSA, 2008)

Der Gebrauch als Lebensmittelfarbstoff von Lycopin-Extrakt aus Tomaten ist sowohl innerhalb der EU (Directive 94/36/EC), als auch in den USA (CDR 21 73.295) zugelassen.

Die tägliche Aufnahme des Lycopins über die natürliche Ernährung wird von der EFSA mit 0,5 bis 5 mg/d (eventuell bis 8 mg/d) geschätzt, wobei durch hohen Gemüse- und Obstverzehr, vor allem durch Zufuhr hoher Mengen an Tomaten und Tomatenprodukten, die Aufnahme bis zu 20 mg/d erreichen kann. (EFSA, 2008)

Die Schätzungen bezüglich der Aufnahme durch Supplemente belaufen sich auf maximal 21 mg/d, abhängig von den zugeführten Präparaten. (EFSA, 2008)

Im Bereich der angereicherten Lebensmittel wird für Kinder bis zu 9 Jahren eine tägliche Zufuhr von 28 bis 30 mg, für Kinder und Jugendliche (10 – 18 Jahre), abhängig vom Geschlecht, betragen die Schätzungen 37 mg/d und 33 mg/d für männliche und weibliche Individuen. Bei Erwachsenen (über 19 Jahre) gilt eine vermutete Zufuhr von 25 mg/d beziehungsweise 23 mg/d für Männer und Frauen. (EFSA, 2008)

Des Weiteren wird von einer durchschnittlichen Zufuhr von 2 bis 6 mg/d, bei hoher Exposition bis zu 23 mg/d, proklamiert. (EFSA, 2008)

Das Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) nimmt einen ADI (Acceptable daily intake) von 0 - 0,5 mg/kg KG/d an. Als Basis dieses Werts, der nur für die synthetische Zufuhr gilt, wurde eine 104-wöchige Studie an Ratten mit einer maximalen Tagesdosis von 50 mg/kg KG durchgeführt, wobei keine nachteiligen Auswirkungen beobachtet wurden. Für die Empfehlung der Aufnahme bei Menschen wurde ein Sicherheitszuschlag von Faktor 100 veranschlagt, wodurch sich die 0,5 mg/kg erklären. (JECFA, 2006) Hierbei gilt jedoch anzumerken, dass sich die von der JECFA ausgegebenen Werte nur auf synthetische Quellen beziehen – Lycopin aus Tomaten wurde nicht mit einbezogen. Da Lycopin, gewonnen mittels *Blakeslea trispora*, eine äquivalente toxikologische Bewertung wie dem chemisch synthetisierten (JECFA, 2006) zugeschrieben wird, ist auch diese Quelle mit dem ADI abgedeckt.

Die EFSA geht von einem ADI von 0,5 mg/kg KG/d aus, inkludiert dabei jedoch die Aufnahme aus allen eingangs erwähnten Quellen. (EFSA, 2008)

Epidemiologische Studien zeigen zahlreiche positive Wirkungen, während Metaanalysen meist nur schwache Evidenz in der Wirksamkeit erkennen lassen. Die positiven Wirkungen werden in Bezug auf kardiovaskuläre Ereignisse (Arteriosklerose, koronare Herzerkrankungen, Schlaganfall), spezielle Krebsarten (Lungen-, Prostatakrebs) sowie vermeintliche UV-protektive Eigenschaften für die Haut (AUST, et al., 2003) nach wie vor kontrovers debattiert.

Das antioxidative Potential des Lycopins ist, verglichen mit dem bekannteren β -Carotin, etwa doppelt so hoch (BÖHM, et al., 2002), die Wirkung in Relation zu Tocopherol ist in etwa zehn Mal höher (HALLMANN, et al., 2007). Es gilt als effizientester Singulett-Sauerstoff-Quencher (in vitro) unter den Carotinoiden (DI MASCIIO, et al., 1989) weshalb man sich großen Nutzen für den menschlichen Metabolismus in der Verminderung des Oxidativen Stress sowie für die damit verbundene Prävention chronischer Erkrankungen erhofft. Der Grund für dieses

hohe Potential liegt im Vorhandensein zahlreicher konjugierter, leicht oxidierbarer Doppelbindungen (HEGER, et al., 2010), wodurch reaktive Sauerstoffspezies, als auch reaktive Stickstoffspezies entschärft werden können.

Silaste et al. (2007) berichten in ihrer Interventionsstudie von einem positiven Einfluss des Lycopins auf Cholesterin (*in vivo*), speziell von einem Schutz der im Blut zirkulierenden LDL-Fraktion vor oxidativen Prozessen. Nach einer dreiwöchigen Phase mit einer geringen Tomatenzufuhr folgte eine hohe Zufuhr mittels Tomatensaft (400 ml/d; Lycopingehalt 5,9 mg/100 ml) und Tomatenketchup (30 mg/d; Lycopingehalt 12,4 mg/100 g).

Nach Auswertung der Daten konnte eine Verminderung des Gesamtcholesterols um 5,9 Prozent festgestellt werden, die Konzentration von LDL-Cholesterol verringerte sich um 12,9 Prozent. Die Widerstandsfähigkeit der LDL-Fraktion gegen Oxidation, induziert durch Kupferionen, erhöhte sich um 13 Prozent. Als möglichen Mechanismus für diese Entwicklung sehen die Autoren eine Hemmung der HMG-CoA-Reduktase-Aktivität (- 40 %), die wiederum die zelluläre Cholesterol-Synthese unterdrückt. Folglich kommt es zu einer höheren Aufnahme und Abbau der LDL-Partikel durch Makrophagen. (SILASTE, et al., 2007)

Der Lycopingehalt nimmt in reifen Tomaten den Hauptanteil der Carotinoide ein. Während des Reifungsprozesses induziert durch Genexpression, erhöht sich die Konzentration des Lycopins so stark, dass es das in den grünen Pflanzen vorherrschende Chlorophyll verdrängt beziehungsweise abgebaut wird. Das grüne Farbpigment ist das Hauptmolekül des photosynthetischen Prozesses und somit wichtiger Bestandteil des anabolen Metabolismus der Pflanzen. Beim Einsetzen der optisch erkennbaren Reifung entwickelt sich die typische Farbveränderung von der unreifen noch grünen zur reifen roten Frucht. Dies birgt auch die Annahme, dass sich das Lycopin erst im Zuge der Reifung in den Zellwänden akkumuliert.

5.2 Chemie des Lycopins

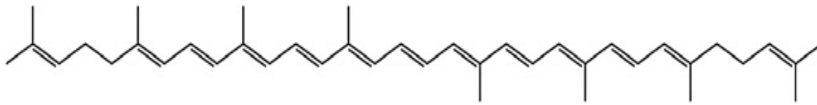


Abb. 8 Struktur Lycopin

Lycopin, dass nach IUPAC als 2,6,10,14,19,23,27,31-octamethyl-2,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,26,30-dotriacontatridecaene (CAS-Nr. 502-65-8) bezeichnet wird, ist ein aus 8 Isoprenoid-Einheiten (= Tetraterpen) aufgebauter aliphatischer Kohlenwasserstoff mit der Summenformel $C_{40}H_{56}$ und einem Molekulargewicht von 536,87 g/mol. Aufgrund der hydrophoben/lipophilen Eigenschaften ist es in organischen Lösungsmitteln (z.B. Hexan) gut löslich, in Wasser hingegen kaum. Bei Lycopin in Reinform handelt es sich um ein rotes Pulver, mit einem Schmelzpunkt von 172° C. (HEGER, et al., 2010)

Die offenkettige Struktur erklärt den Namen, ψ,ψ -Carotin, der das Fehlen der Jononring(e) ausdrückt. Die Ringstrukturen anderer Carotinoide werden entweder als β - oder ϵ -Ring charakterisiert – mindestens ein Jononring stellt die Grundbedingung für das Wirken als Provitamin A dar, weshalb Lycopin nicht als Vorstufe des Retinols fungieren kann. Mittels des Enzyms Lycopin-Cyclase ist die Derivatisierung von β -Carotin aus Lycopin möglich, das ebenso wie α -, γ -Carotin und β -Cryptoxanthin als Precursor des Retinols (KOPSELL, et al., 2006) wirken kann.

Der rote Farbeindruck des Lycopins, als auch dessen antioxidative Eigenschaften begründen sich in der Struktur des Moleküls, das insgesamt 13 Doppelbindungen, 11 davon in einem konjugierten System, aufweist. Diese Anordnung bedingt zahlreiche delokalisierte π -Elektronen, die eine Absorption aller Wellenlängen des Lichts, mit Ausnahme der langwelligen (HEGER, et al., 2010), ermöglichen. Das menschliche Auge nimmt die reflektierten Wellenlängen auf, die das Gehirn als rote Farbe interpretiert. Der antioxidative Schutz vor reaktiven Sauerstoff- (ROS) oder auch vor reaktiven

Stickstoffspezies (RNS) beruht auf der relativ leichten Oxidierbarkeit der konjugierten Doppelbindungen (HEGER, et al., 2010).

Chemische Namen (Synonyme):

ψ , ψ -Carotin, all-trans-Lycopene, (all-E)-Lycopin

5.2.1 Biosynthese des Lycopins

Lycopin stellt im Biosyntheseweg der Carotinoide die letzte nicht cyclisierte Form der Carotinoide dar, dass aus den Vorstufen *Phytoen* und *Phytofluen* aufgebaut wird. Dafür verantwortlich zeichnen sich die beiden Enzyme *Phytoene-Desaturase* (PDS) und *ζ -Carotin-Desaturase* (ZDS oder häufig CRTQ), die insgesamt vier weitere Doppelbindungen in die Struktur einfügen, wodurch via *Phytofluen*, *ζ -Carotin* und *Neurosporin* das *Lycopin* entsteht. (RONEN, et al., 1999)

Die wichtigsten Enzyme sind dabei Geranyl-Geranyl-Diphosphat-Synthetase, Phytoen-Synthetase (PSY), Phytoen-Desaturase (PDS), *ζ -Carotin-Desaturase* (ZDS) sowie die Carotenoid-Isomerase (CRTISO). Die Cyclisierung von Lycopin erfolgt über die Lycopin- β -Cyclase (LYCB) und Lycopin- ϵ -Cyclase, die die Ausbildung der β - beziehungsweise ϵ -Jononringe (1. oder 2. Ringstruktur) katalysieren. (BOTELLA-PAVIA, et al., 2006)

Das antioxidative und anti- inflammatorische Potential des Lycopins beruht auf der Fähigkeit, Superoxid-Anionen, ROS und RNS auf molekularer Ebene zu entschärfen und zelluläres Gewebe beziehungsweise Moleküle (Proteine, Lipide, Kohlenhydrate, Nukleinsäuren: DNA, RNA) vor oxidativen Schäden zu schützen. (BÖHM, 2012)

Obwohl das Superoxid-Anion zwar kein Radikal im eigentlichen Sinne darstellt, weist es jedoch ähnliche Eigenschaften und Wirkungen auf. (GALANO, et al., 2010)

Lycopin wird in einigen Studien mit dem Schutz vor den schädigenden Effekten der kanzerogen wirkenden Nitrosamine in Verbindung gebracht (OKAJIMA, et al., 1997). Nitrosamine stehen in Zusammenhang mit der Entwicklung eines Magenkarzinoms.

Ein weiterer Aspekt betrachtete Giovannucci (1999) betreffend der chronischen Infektion mit *Helicobacter pylori*, die eine der Hauptursachen für die Inzidenz des Magenkrebses darstellt. Auch hier könnten Lycopin und weitere Antioxidantien potentielle positive Einflüsse nehmen (YUAN, et al., 2004). Das Bakterium begünstigt durch erhöhte Oxidationsraten Molekül- und Zellschäden im Gaster (GIOVANNUCCI, 1999), antioxidativ agierende Substanzen könnten zu einer Senkung dieser Schäden beziehungsweise zu einer Verminderung des Magenkrebs-Risikos beitragen. Ergebnisse an Versuchen mit Ratten, bezogen auf Harnblasenkrebs und einer protektiven Wirkung der Carotinoide, stützen diese Vermutungen (OKAJIMA, et al., 1997).

5.2.2 Lycopin-Metabolite

Das ψ,ψ -Carotin kommt in der Natur vorwiegend als all-trans-Lycopin vor, da es die thermostabilste Form zu sein scheint. In verarbeiteten Lebensmitteln und auch im Blutserum gestaltet sich das Bild etwas anders. Hier kann man viele cis-Isomere, detektieren. Im Blut nehmen die cis-Isomere an die 50 Prozent des Gesamtlycopins ein. Im menschlichen Gewebe konzentriert sich das Lycopinaufkommen vor allem in den Hoden, der Leber, Haut und Nebennierenrinde (NGUYEN, et al., 1999) – wobei sowohl im Gewebe als auch in verarbeiteten Tomatenprodukten sich vorwiegend 5-cis, 9-cis und 15-cis-Isomere ein stellen. (SHI, et al., 2000)

Die Stereochemie des Lycopins ermöglicht, aufgrund seiner konjugierten Doppelbindungen und deren theoretischen Möglichkeit der 180° Rotation um ihre Achsen, zwei verschiedene Konfigurationen (trans bzw cis) einzunehmen. Zusätzlich zur all-trans-Form, können zahlreiche unterschiedliche mono- und poly-cis-Isomere auftreten.

Theoretisch wären aufgrund der 11 konjugierten Doppelbindungen 2^{11} Konformationen möglich – da jedoch nur 7 Doppelbindungen sterisch aktiv sind beträgt die Zahl der bevorzugten Strukturen „nur“ 72.

Berechenbar ist dies nach der Formel des Chemikers Laszlo Zechmeister, $N = 2^{(n-1)/2} \cdot (2^{(n-1)/2} + 1)$, wobei n für die sterisch aktiven Doppelbindungen steht – 7 im Falle des Lycopins ($n=7$). (ZECHMEISTER, 1944)

Aufgrund ihrer sterischen Einschränkungen durch benachbarte Wasserstoffatome beziehungsweise Methylgruppen, erscheinen die cis-Isomere instabiler, als die all-trans-Form, mit Ausnahme des 5-cis-Isomers, dass die größte Stabilität aufweist.

Nach einer Publikation von Chasses et al. (2001) stellt sich die Stabilität der Isomere wie folgt dar: 5-cis > all-trans > 9-cis, > 13-cis > 15-cis > 11-cis

Bei verarbeiteten Tomaten oder Tomatenprodukten wird angenommen, dass sich das, in den Membranen der Zellwände der Pflanze, befindliche Lycopin aufgrund zellulärer Irritationen und einhergehender Spaltung der Carotenoid-Protein-Komplexe in Lösung gehen, wo anschließend ein Ab- und Umbau in die leichter absorbierbaren cis-Metaboliten (AGARWAL, et al., 2000) von statten geht. (SHI, et al., 2000)

Um die Bioverfügbarkeit des Lycopins zu erhöhen, empfiehlt es sich Tomaten zu erhitzen oder pürieren, da verarbeitete Produkte eine höhere Aufnahme ermöglichen, als rohe, unbehandelte Tomaten. Es gilt jedoch zu beachten, dass exzessives Kochen das Lycopin, sowie zahlreiche andere Strukturen, zerstört. (SHI, et al., 2000)

Zusätzlich bewirkt das Mitverzehren von etwa 3 bis 5 Gramm Fett ebenfalls einen Anstieg der Absorptionsrate (BOILEAU, et al., 2002). Des Weiteren scheinen synergistische Wirkungen unter den Carotinoiden ihre Aufnahme in den Körper zu beeinflussen. So dürfte β -Carotin die Lycopin-Aufnahme begünstigen, während sie durch Lutein und Canthaxanthin gehemmt wird. Umgekehrt wird die β -Carotin-Absorption durch Lutein verringert, während Lycopin und Canthaxanthin keine Behinderung ausübt. (JOHNSON, et al., 1997)

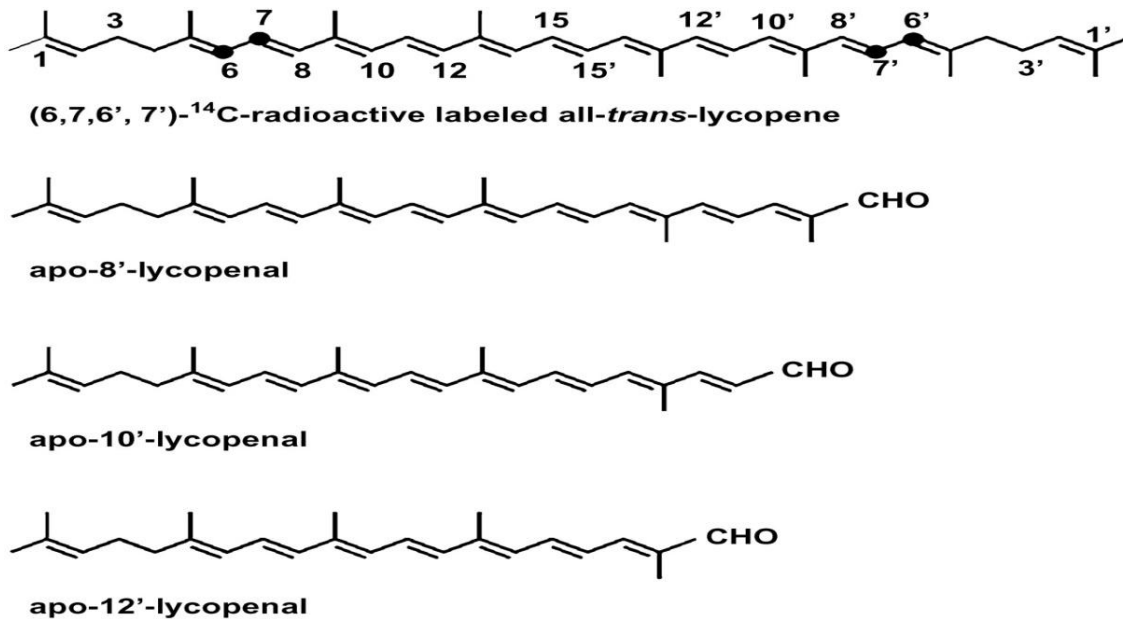


Abb. 9 Struktur radioaktiv markiertes all-(E)-Lycopin und Apolycopinale

Quelle: (GAJIC, et al., 2006)

5.3 Pflanzenphysiologie

Britton definierte die Bedeutung der Carotinoide so, dass ohne sie keine Photosynthese möglich wäre. (BRITTON, 1995)

Die Synthese des lipophilen Farbpigments erfolgt in den Plastiden der Pflanze in den sogenannten Thylakoidmembranen der Chromoplasten, wo es zusammen mit anderen Carotinoiden wichtige Funktionen übernimmt. Eine dieser Aufgaben betrifft den Schutz der Pflanze vor photooxidativen Prozessen bedingt durch die Photosynthese im Licht-Sammel-Komplex. Sie dienen dabei als Oxidationsschutz für Membranen und umliegender Strukturen, indem sie, als Akzessorpigment (LU, et al., 2008), das überschüssige Licht der Antennen-Pigmente absorbieren und durch Energie-Zerstreuung (als Wärme) abstrahlen können. Xantophylle dürften dabei eine wichtige Rolle bei der strukturellen Stabilisierung des Licht-Sammel-Komplex einnehmen. (KOPSELL, et al., 2006)

Aufgrund ihrer intensiven Farben, dienen sie auch als Lockmittel für Bestäuber und andere Tiere, die dadurch die Samen der Pflanze verteilen können. Durch

5.4 Gesundheitswirkungen des Lycopins

Eine Reihe epidemiologischer und klinischer Studien schreiben Lycopin und seinen Verwandten präventive Wirkungen in Bezug auf chronische Erkrankungen zu.

Wie diverse Studien belegen scheint jedenfalls das antioxidative Potential des Lycopins und dessen Funktion als Radikalfänger, sowohl *in vitro* als auch *in vivo*, eindeutig. Di Mascio et al. (1989) definierten Lycopin als den stärksten Quencher für Singulett-Sauerstoffs, während Astaxanthin als besserer Neutralisator des Superoxids gilt (GALANO, et al., 2010). Aufgrund dieser Eigenschaften stellt es einen Schutzfaktor vor oxidativem Stress und daraus resultierenden Entzündungsreaktionen dar. Diesen wiederum wird eine Schlüsselrolle für zahlreiche chronische Erkrankungen, wie Arteriosklerose, Krebs oder koronaren Herzkrankheiten, zugeschrieben (GALANO, et al., 2010; BÖHM, 2012).

In Bezug auf die Lipoproteine bestätigt sich immer mehr, dass Lycopin sie vor Oxidationsprozessen schützen kann. Allen voran gilt dies für low density lipoproteine (LDL), in denen sich Lycopin bevorzugt akkumuliert. (SILASTE, et al., 2007)

Jacob et al. (2008) konnten in einer Studie bezüglich der Auswirkungen von Lycopin und Ascorbinsäure auf verschiedene Entzündungsmarker (TBARS, 8-epi-PGF_{2α}, IL-1β, TNF-α und CRP) feststellen, dass Tomatensaft, pur beziehungsweise mit Ascorbinsäure angereichert, positive Effekte auf einige Entzündungsparameter aufwies. So nahmen die Konzentrationen des C-reaktiven Proteins und der TBARS in Blut und Urin ab, die antioxidative Kapazität nahm zu, während andere Marker nur gering verändert oder unbeeinflusst blieben. Die Autoren führten diese Effekte jedoch auf die synergistischen Wirkungen unterschiedlicher Antioxidantien (hier Lycopin und Ascorbinsäure) zurück, da beispielsweise der Schutz vor Lipidperoxidation im angereicherten Tomatensaft höher war als beim nicht angereicherten.

Sanchez-Moreno et al. (2006) konnten ebenfalls positive Einflüsse auf Biomarker des oxidativen Stress und Entzündungsreaktionen feststellen. Hier lag das Hauptaugenmerk jedoch auf dem Effekt der Ascorbinsäure, da die Zufuhr über Gazpacho (spanische Gemüsesuppe mit Hauptbestandteilen Tomate, Paprika, Gurke) erfolgte, könnten auch hier synergistische Effekte zu Tragen gekommen sein. (JACOB, et al., 2008)

Gesundheitliche Effekte wurden dem Lycopin auch in Zusammenhang mit einer Steigerung der Zell-Zell-Kommunikation (Gap junctions) zugesprochen (LIVNY, et al., 2002), wobei diesbezüglich die Datenlage aufgrund einiger Studien, die keinen Zusammenhang erkannten, noch sehr inkonsistente Ergebnisse liefert. Weitere Erkenntnisse zur Bewertung sind diesbezüglich von Nöten.

Basu et al. (BASU, et al., 2001) berichten von positiven Effekten des Lycopins auf Osteoporose, Heger et al. (HEGER, et al., 2010) von einem Einfluss des Lycopins auf den Blutdruck sowie eine Wirkung gegen neurodegenerative Erkrankungen und einer Verbesserung des Immunsystems.

Aufgrund des antioxidativen (BÖHM, et al., 2002; BÖHM, 2012) und anti-inflammatorischen (GOURANTON, et al., 2011; FENG, et al., 2010) Potentials des Lycopins, schlussfolgern zahlreiche Studien, dass das Risiko an Arteriosklerose, Schlaganfällen und Herzinfarkten durch regelmäßigen Konsum von Tomaten gesenkt werden könnte.

Bezüglich der gesundheitlichen Wirkungen des Lycopins wird jedoch nach wie vor kontrovers diskutiert, sodass sich für fast jeden potentiellen Effekt sowohl Studien für, als auch gegen diesen aussprechen.

5.4.1 Antioxidative Wirkung des Lycopins

Einhellige Meinung herrscht über das hohe Potential der Carotinoide, im Speziellen des Lycopins, Singulett-Sauerstoff ($^1\text{O}_2$) und weitere reaktive Sauerstoffspezies (ROS), wie Superoxidanion ($\text{O}_2^{\cdot-}$), Peroxyl- (ROO^{\cdot}), Hydroxyl-

($\cdot\text{OH}$) oder Alkoxyradikal ($\text{RO}\cdot$) sowie reaktive Stickstoffspezies (RNS) zu entschärfen und dadurch oxidative Schäden an Zellstrukturen und anderen Molekülen (Lipide, Proteine, Nukleinsäuren, etc.) zu verhindern oder zu minimieren. (GALANO, et al., 2010; BÖHM, 2012)

Auch nicht radikalische Sauerstoffspezies, wie Wasserstoffperoxid (H_2O_2), können Moleküle und Gewebe schädigen, obwohl neuere Theorien ROS nicht nur in toxischem Zusammenhang sehen, sondern, dass Radikale auch für die Gesundheit nötig sein könnten (BRIGELIUS-FLOHE, 2009).

Die mitochondriale Produktion von H_2O_2 wurde lange als Konstruktionsfehler der Atmungskette verstanden, heute weiß man, dass phagocytierende Zellen ROS zur Bekämpfung verschiedener Noxen, wie zum Beispiel der Abtötung eingedrungener Bakterien einsetzen oder zur Anregung des Immunsystems, um Xenobiotika zu eliminieren. (BRIGELIUS-FLOHE, 2009)

Somit geht man davon aus, dass die gefährlichen ROS auf ihre Art ebenso zur Gesundheit beitragen und mit Hilfe der Antioxidantien in Balance gehalten werden. So zeigte sich des Weiteren, dass ROS auch für die Kräftigung und die trainings-induzierte Adaptation der Skelettmuskel förderlich sind. (BRIGELIUS-FLOHE, 2009)

Hingegen steht die Einnahme von Antioxidantien während des Trainings unter Verdacht, die Adaption zu verhindern, während eine moderate Belastung mit Oxidantien durchaus förderlich zu sein scheint. (BRIGELIUS-FLOHE, 2009)

Heger et al. (2010) berichten von einer Erhöhung von Enzymen durch Lycopin, die somit körpereigene antioxidativ wirkende Schutzsysteme stimulieren kann. Als ursächlicher Faktor nennen Ben-Dor et al. (2005) die Aktivierung des Transkriptionsfaktors „Nrf2“, der die Gene reguliert, die für die Synthese dieser Schutzenzyme verantwortlich gemacht werden (HEGER, et al., 2010).

5.4.1.1 Entstehung der Radikale

Freie Radikale sind hochreaktive, instabile biochemische Derivate mit einem oder mehreren ungepaarten Elektronenpaaren (CLINTON, 1998), die als Zwischenprodukte biochemischer Prozesse entstehen. Reaktionen, die

Radikale hervorbringen, finden sowohl endogen im Rahmen des zellulären Sauerstoffmetabolismus (TOSSIOS, et al., 2004), wie mitochondriale Atmungskette, Arachidonsäurezyklus, Redox-Reaktionen, physiologische Zell- und Alterungsprozesse, usw., als auch durch exogene Umwelteinflüsse, wie Schwermetalle, Toxine, Zigarettenrauch, etc. statt.

Exogene und endogene Schutzsysteme und -enzyme, wie zum Beispiel Superoxiddismutase, Katalase, Glutathion-Peroxidase, etc. wirken der Radikalbildung entgegen. Exogene Antioxidantien werden mit der Nahrung zugeführt, wobei zahlreiche Sekundäre Pflanzenstoffe, darunter auch die Carotinoide, die radikalisierten Moleküle durch die sogenannten Scavenging- und Quenching-Reaktionen entschärfen können. Nach Galano et al. (2010) gibt es zwei Wege, wie Carotinoide mittels Elektronentransfer das Superoxidanion eliminieren, wobei als gebräuchlicher Variante eins beschrieben wird.

SUPEROXIDANION ($O_2^{\bullet-}$)



Im Vergleich zu anderen Radikalen kehrt $O_2^{\bullet-}$ die Richtung des Energietransfers um und fungiert als Elektronendonator, das Carotinoid tritt als Elektronenakzeptor auf, wodurch die zytotoxische Wirkung (TOSSIOS, et al., 2004) neutralisiert wird.

SINGULETTSAUERSTOFF (1O_2)

Carotinoide, allen voran Lycopin und β -Cryptoxanthin sowie β -Carotin, gelten als wichtige Quencher für den hochreaktiven Singulett-Sauerstoff. Im Zuge der Reaktion gehen Carotinoide in einen angeregten Triplettzustand über, in einer weiteren Reaktion fallen die Quencher, unter Wärmeabgabe, wieder in den Grundzustand zurück. (WATZL, et al., 2001)

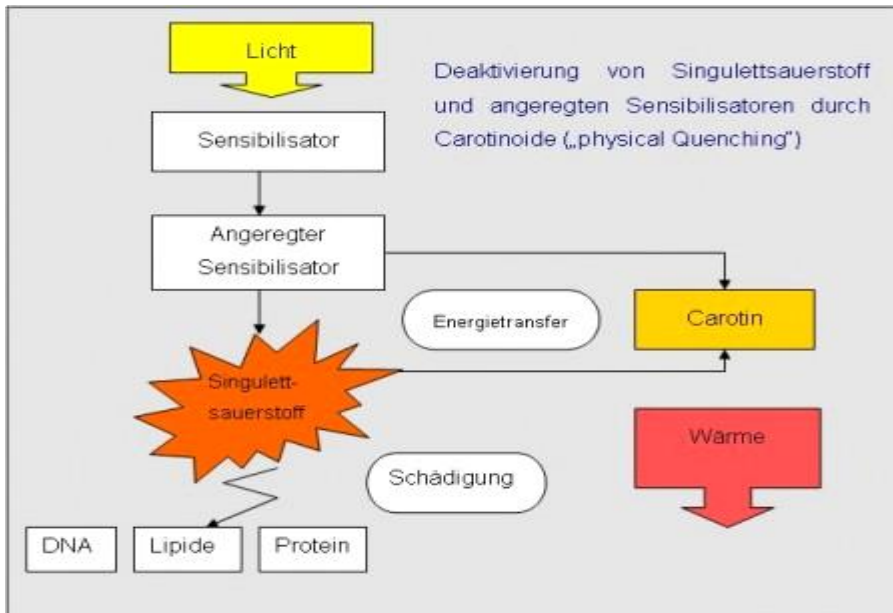
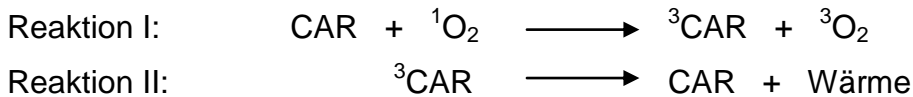


Abb. 11 Schema Quenching Singulett-Sauerstoff

Quelle: <http://www.vitalstoff-journal.de/aus-der-forschung/bioflavonoide-und-kraeuter/carotinoide-studien/>

Kommt es jedoch zu Imbalancen und einer Verschiebung in Richtung der Oxidantien, im Verhältnis zu den Antioxidantien, führt dies zu Oxidativem Stress. In weiterer Folge kommt es zur vermehrten Ausschüttung von Entzündungsmediatoren, die wiederum langfristig degenerative Pathogenesen (CVD, Hypertonie, Krebs, Metabolisches Syndrom) begünstigen können.

Lycopin gilt derzeit als das stärkste bekannte Antioxidans dieser Substanzgruppe, dem zusätzlich eine protektive Wirkung der LDL vor Oxidation zugeschrieben wird. Bezüglich der Neutralisierung der Superoxidanionen ergaben neuere Studien, dass Astaxanthin, ebenfalls ein rotes Carotinoid, einen besseren Quencher als Lycopin abgibt. (GALANO, et al., 2010)

Des Weiteren wird Lycopin eine Schutzfunktion der Linolsäure zugesprochen, die es ebenfalls vor Oxidation bewahren kann.

5.5 Lycopin in der Ernährung

Das rote Farbpigment kommt in vielen Pflanzen in mehr oder weniger hohen Konzentrationen vor, wobei für die menschliche Ernährung vorwiegend Tomaten (*Solanum lycopersicum*), Wassermelonen (*Citrullus lanatus*), Papaya (*Carica papaya*), Hagebutte (*Rosa canina*), rosa Grapefruits (*Citrus x paradisi*) und Guave (*Psidium guajava*) Bedeutung haben. Die prominenteste Rolle bezüglich der Lycopinaufnahme spielt, von den zuvor Genannten, die Tomate mit einem Anteil von über 85 Prozent in der nordamerikanischen Ernährung (KHAN, et al., 2008). Davon wiederum werden gut 57 Prozent in Form von verarbeiteten Tomatenprodukten zugeführt. (MAIANI, et al., 2009)

Obwohl einige andere Pflanzen, wie beispielsweise die Gac-Frucht (*Momordica cochinchinensis*) oder einige Varietäten der Wassermelone weit höhere Konzentrationen an Lycopin synthetisieren, bewährt sich die Tomate, aufgrund ihres weltweit hohen Beliebtheitsgrades, als Hauptlieferant des Lycopins.

Die tägliche Aufnahme des Lycopins in den USA erfolgt größtenteils über verarbeitete Tomatenprodukte (57 %) wie Tomatensaucen, Pelati-Tomaten (Konserven), Ketchup oder Pizza. Nur etwa 12 Prozent des Gesamtlycopins wird über den Konsum frischer Tomaten zugeführt. (MAIANI, et al., 2009)

Der Lycopingehalt wird neben der Lagerung auch bei der Verarbeitung im Haushalt beeinflusst. So stellte Dewanto et al. (2002) fest das homogenisierte, erhitzte (88°C) Tomaten, bei einer Gardauer von 2, 15 oder 30 Minuten einen Anstieg des Gehalts der all-trans-Form um das 1.6, 2.7, 2.7-fache höher war, als im nicht erhitzten Vergleich. Der Gehalt des Total-cis-Lycopins erhöhte sich um 6, 17 und 35 Prozent nach einer Gardauer von 2, 15 oder 30 Minuten.

Höhere Temperatur und längere Gardauer wirkten sich hingegen nicht positiv auf das Lycopin aus, wobei die Zugabe von Öl eine geringere Isomerisierung verursachte (DEWANTO, et al., 2002).

Zweistündiges Erhitzen bei 70° C bewirkte bei pürierten Tomaten einen Abbau von 18 Prozent des Lycopins. Es gilt daher die Annahme, dass Lycopin bei einer Temperatur zwischen 70 bis 100° C relativ stabil bleibt, die Isomerisierung ist dabei ebenso vernachlässigbar – sowohl beim Blanchieren, Pasteurisieren, Kochen in Wasser als auch bei der Trocknung mit niedrigerer Temperatur. (MAIANI, et al., 2009)

Bei Verfahren höherer Temperatur (über 100° C), wie es bei der Sterilisierung der Fall ist, erniedrigen sich zwar die Carotenoid-Werte, jedoch findet cis-Isomerisierung statt und die Bioverfügbarkeit verbesserte sich durch den Abgang aus der Zellmatrix. (MAIANI, et al., 2009)

Colle et al. (2010) stellten selbst bei Temperaturen von 130 bis 140° C fest, dass 74 bis 75 Prozent des Lycopins erhalten blieb nachdem es diesen Temperaturen für 30 Minuten ausgesetzt war. Die Isomerisierung war jedoch limitiert, sodass bei diesen Temperaturen der all-trans-Lycopin Gehalt immer noch etwa 84 Prozent des Gesamt-Lycopins ausmachte. (COLLE, et al., 2010)

Kessy et al. beschreiben als optimale Garungstemperatur 120° C für 2,14 Stunden – dadurch betrug die Zunahme der Isomerisierung in cis-Metaboliten für die Behandlung mit Wasser oder Öl 51 und 57 Prozent. Die Autoren gehen davon aus, dass eine höhere Temperatur beziehungsweise kürzere Gardauer die Bildung des cis-Lycopins steigert respektive der Abbau der cis-Metabolite während des Garprozesses geringer ist. (KESSY, et al., 2011)

Es gilt jedoch immer zu berücksichtigen, dass andere Strukturen bereits früher zerstört werden. Der Verlust dieser weiteren gesundheitsförderlicher Agenzien wäre verringerbar, wenn man sowohl rohe als auch gekochte Tomaten in den Speiseplan aufnimmt. Des Weiteren wäre es wichtig so oft als möglich die Schale mit zu verwenden, da darin der Hauptanteil des Lycopins der Tomate lokalisiert ist – im Vergleich zur Pulpe ist der Anteil in der Schale in Abhängigkeit der Sorte, rund doppelt (DAVIES, et al., 1981) bis fünfmal

(KESSY, et al., 2011) so hoch. Der Unterschied des β -Carotingehalts von Loculus zu Perikarp beträgt hingegen den Faktor vier. (DAVIES, et al., 1981)

Die Zugabe von Ascorbinsäure kann zu einer Stabilisierung des Lycopins beziehungsweise einer höheren Bioverfügbarkeit beitragen, wie Jacob et al. (2008) in ihrer Interventionsstudie mit Tomatensaft und mit Ascorbinsäure angereicherten Tomatensaft belegen konnten.

**Verteilung der Lycopinaufnahme
(Tomatenprodukte vs. Frischware)**

%	Produkt
29	Tomatensauce
12	Ketchup
8	Pizza
8	Tomatensaft
12	<i>Frischware</i>

Tab. 9 Lycopinaufnahme; nach Maiani et al. (2009)

5.5.1 *Elaeagnus umbellata* thunb. (Herbst-Ölweide)



Abb. 12 *Elaeagnus umbellata* thunb.

Quelle: <http://hawaiidermatology.com/autumn/autumn-olive-elaegnus-umbellata.htm>

Bei zahlreichen Pflanzen, die einen hohen Lycopingehalt aufweisen, sind häufig Arten vertreten, die in der heutigen Ernährung nur mehr eine untergeordnete Rolle spielen.

Aus der Ordnung der Rosidales enthalten, neben der Hagebutte (*Rosaceae*), auch die Beeren der Herbst-Ölweide (*Elaeagnus umbellata thunb.*), mit taxonomischer Heimat in der Familie der Ölweidengewächse (*Elaeagnaceae*), einen beachtlichen Lycopingehalt.

Untersuchungen der Farbpigmente, der aus dem asiatischen Raum stammenden Pflanze von Fordham et al. (2001) ergaben, dass neben Lycopin (15 - 54 mg/100 g FG) auch weitere Carotinoide, wie α -Cryptoxanthin, β -Cryptoxanthin, β -Carotin, Lutein, Phytoene und Phytofluene in signifikanten Mengen in den Früchten anzutreffen sind (FORDHAM, et al., 2001). Sie könnten somit, bei häufigerem Verzehr, eine große Bereicherung in der Ernährung verkörpern.

Der Gehalt an Lycopin in den Beeren der Herbst-Ölweide ist mit 30 bis 70 mg/100 g Frischgewicht (FG) (FORDHAM, et al., 2001) signifikant höher als in Tomaten, die mit einer durchschnittlichen Konzentration von etwa 3 mg/100 g FG Lycopin (USDA) beschrieben werden. Die Beeren könnten somit durch ihr hochwertiges Profil an Sekundären Pflanzenstoffen, in Bezug auf die Aufnahme vielfältiger bioaktiver Substanzen, einen großen Beitrag in der Ernährung leisten.

5.5.2 *Momordica cochinchinensis* (Gac-Frucht, Baby Jackfrucht)



Abb. 13 *Momordica cochinchinensis* (Gac)

Quelle: [http:// http_postimage.org_image_urhml6tn1](http://http_postimage.org_image_urhml6tn1)

Viele Früchte des asiatischen Raumes enthalten ebenfalls hohe Konzentrationen an Lycopin und anderer Carotinoide. Dabei hervorzuheben, mit einem Lycopingehalt von bis zu 222,7 mg/100 g FG (ISHIDA, et al., 2004) sei *Momordica cochinchinensis*, eher unter dem Namen Baby-Jackfrucht bekannt. Sie gilt nach derzeitigem Wissenstand als eine der Pflanzen mit dem höchsten Lycopingehalt und ist in Vietnam und den umliegenden Ländern beheimatet, erfreut sich jedoch auch in westlichen Ländern immer größerer Beliebtheit. Durch ihre Verwandtschaft mit Kürbis und Gurke ist sie ebenso der Familie der *Cucurbitaceae* zugehörig. In Vietnam ist sie als Gac-Frucht (Himmelsfrucht) bekannt, wo die Pflanze auch als Medizin angesehen und häufig als traditionelles Gericht bei gesellschaftlichen Ereignissen (z.B. Hochzeiten) dargeboten wird. Die Speise wird xoi gac genannt und beschreibt rot gefärbten Reis, der durch den gemeinsamen Kochvorgang mit der Frucht und den Samen seine charakteristische Farbgebung erhält (ISHIDA, et al., 2004), die Glück, Vitalität und Langlebigkeit symbolisiert und unterstreicht den hohen gesellschaftlichen Stellenwert, die der Gac-Frucht in dieser Region entgegengebracht wird.

Die Samen finden in der traditionell chinesischen Medizin für vielerlei Krankheiten Anwendung. Das Heilmittel namens Mubiezhi dient beispielsweise der Behandlung von Hämangiomen oder Hämorrhoiden. (CHAN, et al., 2009). Vuong et al. (2002) berichteten von einem Gehalt von 80 beziehungsweise 17,5 mg/100 g Frischgewicht (FG) an Lycopin und β -Carotin, die Ergebnisse von Ishida et al. (2004) ergaben Werte von 222,7 und 71,8 mg/100 g für Lycopin und β -Carotin im Arillus der Frucht. Das aus der Frucht gewonnene und anschließend analysierte Öl erwies sich als gute Quelle zahlreicher Antioxidantien. So enthielt es Werte bis zu 3 mg/ml Lycopin, darüber hinaus befanden sich darin β -Carotin (2,7 mg/ml), Tocopherol (0,3 mg/ml), Phytoen, Phytoflen und in Spuren Zeaxanthin, β -Cryptoxanthin, jedoch kein Lutein. (ISHIDA, et al., 2004)

Das relativ reiche Vorhandensein der Provitamin-A-Carotinoide (β -Carotin, α -Carotin und β -Cryptoxanthin) trägt vor allem in den ländlichen Regionen Vietnams dazu bei, dem Retinolmangel entgegenzuwirken. Vuong et al. (2002)

veröffentlichten eine Interventionsstudie, in der sie den Einfluss der Gac-Frucht (verabreicht als Speise – xoi gac - sowie als Supplement in pulverisierter Form, verglichen mit Kontrollgruppe) auf den Provitamin A-Status von 185 Vorschulkindern untersuchten. Die Ergebnisse zeigten, dass die Frucht signifikante Erhöhungen bezüglich des Retinolstatus sowohl durch den Konsum von xoi gac, als auch der pulverisierten Form, bewirken konnte.

Geringe, positive Veränderungen wurden bei manchen Kindern hinsichtlich der Hämoglobinkonzentration beschrieben, wiesen jedoch keine Signifikanz auf. Die Autoren sahen im Konsum der Gac-Frucht eine gute Möglichkeit den Retinolstatus von Kindern zu verbessern (VUONG, et al., 2002) und berechtigt zudem die wichtige lokale Stellung *M. cochinchinensis*.

5.5.2.1 Exkurs Retinolmangel

Der Mangel an Retinol repräsentiert eine der Hauptursachen für Blindheit in den Ländern niederer Einkommen. Schätzungen der WHO zufolge verlieren jährlich weltweit etwa 250.000 bis 500.000 Kinder unter fünf Jahren ihr Augenlicht – bei etwa 50 Prozent dieser Kinder mündet der Mangel innerhalb eines Jahres nach der Erblindung im exitus letalis. (WHO, 2012)

6 Conclusio

In der vorliegenden Arbeit wurde der Zusammenhang zwischen Biodiversität und der Gesundheit von Mensch und Umwelt erörtert.

Der Vielfalt in der Natur, wie auch den Lebensmitteln wird vom Konsumenten immer höhere Priorität zugemessen. Nahrungsmittel sollen immer mehr eine ökologische Herstellung aufweisen, sie sollen schmackhaft, sicher und vor allem gesundheitsförderlich oder zumindest frei von Schadstoffen sein. Ein fairer Handel findet ebenfalls immer mehr Zuspruch beim Konsumenten – mit Ressourcen sinnvoll umzugehen verliert langsam das „Öko“-Image, Umweltschutz wird gesellschaftsfähig, die Bauern als auch die Umwelt sollen immer weniger ausgebeutet werden.

Während das öffentliche, ökologische Bewusstsein wuchs, verlautbarten die Medien immer wieder, dass Gemüse und Obst im Laufe der Zeit Nährstoffverluste aufweisen und man den täglichen Bedarf nicht mehr damit decken könnte.

Diese Meinung ist wissenschaftlich nicht haltbar, da es keine beziehungsweise nur sehr inkonsistente Daten zu dieser Thematik gibt. Häufig wurden zwar Vergleiche zwischen früher und heute angestellt – jedoch können die erhaltenen Ergebnisse nur schwer bis gar nicht miteinander in Relation gesetzt werden, da sie entweder nicht vorhanden waren oder auch nicht nachvollziehbar waren, zum Beispiel welche Sorten zur Analyse verwendet wurden. Möchte man diese Informationen noch besser nachvollziehbar machen, wären auch Eckdaten zu geographischen und klimatischen Bedingungen hilfreich.

Außerdem variiert der Gehalt an Inhaltsstoffen in den Pflanzen teilweise erheblich und dies nicht nur durch zuvor erwähnte Einflüsse, sondern auch innerhalb der Arten schwanken die Konzentrationen häufig mit massiven Unterschieden. Änderungen der Möglichkeiten und Zuwachs an Erkenntnissen in den Naturwissenschaften, allen voran, der verfeinerten Spurenanalytik und labortechnischen Neuerungen bringen immer genauere Ergebnisse in den

Messungen zu Tage. Dass diese nicht immer mit denen der Vergangenheit vergleichbar waren erübrigt sich von selbst.

Mit den heutigen technischen Möglichkeiten können Substanzen analysiert werden, die früher nicht vorstellbar gewesen wären.

Allgemein ist festzustellen, dass Untersuchungen, bis auf kleinere Veränderungen nach oben oder unten, keine wesentlichen Modifikationen bezüglich des Nährstoffgehalts ergaben.

Durch Verbesserungen und Fortschritte in der Landwirtschaft, wie neue Bearbeitungsmethoden für die Bodenbewirtschaftung, sowie die Förderung biologisch erzeugter Lebensmittel im Einklang mit der Natur (biologisch-dynamisch) ist es möglich einen großen Anteil der Ressourcen einzusparen und die Umwelt, wie Wälder, Flüsse oder Böden zu schonen. Weniger ist oft mehr.

Damit soll nicht suggeriert werden, dass biologisch erzeugte Lebensmittel viel gesünder sind als konventionell erzeugte. Was jedoch sicher scheint ist, dass ökologische Produkte weniger Schadstoffe (Pestizide, Nitrit, Schwermetalle) enthalten sowie, dass sie der Natur weniger Schaden zufügen.

Mehrere epidemiologische Studien weisen auf höhere Konzentrationen an Sekundären Pflanzenstoffen hin, eindeutige Ergebnisse sind dafür nicht ausreichend vorhanden, da die Inhaltsstoffe immer sehr sortenspezifisch und auch durch klimatische Bedingungen massiv beeinflusst werden.

Bezüglich der Prävention chronischer Erkrankungen gibt es in beide Richtungen zahlreiche Studien, die entweder pro oder contra ausgerichtet sind. Häufig lassen sich trotz Metaanalysen immer noch keine verifizierten Aussagen treffen, da die Studiendesigns zu einem Sujet oft so unterschiedlich strukturiert sind, dass sie (fast) keine Vergleichbarkeit zulassen – ein Mangel an verwertbaren, sicheren Daten ist daraus häufig die Folge.

Hinsichtlich des Lycopins kann gesagt werden, dass antioxidative Eigenschaften ausreichend belegt sind.

Aufgrund dieser Wirkung reduziert es den oxidativen Stress, im Körper, der durch metabolische Reaktionen entsteht. Dadurch scheint ein Einfluss auf diverse Krankheiten naheliegend, obwohl nach wie vor Diskussionen im Raum stehen. Oxidativer Stress gilt als Ursache arteriosklerotischer Veränderungen und den einhergehenden Pathogenesen. Übergewicht und Adipositas verursachen chronische Entzündungen, die wiederum unter Mithilfe der, über die Nahrung zugeführten Antioxidantien, eingedämmt oder gar verhindert werden können, wodurch ein positiver Einfluss auf den Blutdruck assoziiert sein könnte.

Dass Gemüse und Obst der Gesundheit dienlich ist und von allen offiziellen Stellen so vertreten wird, ist hinlänglich bekannt. Da in diesen Lebensmitteln eine Vielzahl an reichhaltigen Substanzen stecken, die synergistische Wirkungen ausüben können, scheinen sie für die Erhaltung der Gesundheit von großer Bedeutung zu sein.

Auch für Lycopin muss wahrscheinlich anerkannt werden, dass es nicht das Heilmittel darstellt, doch es trägt genauso wie andere Carotinoide, Flavonoide, Polyphenole, Glucosinolate oder Schwefelverbindungen, seinen Teil dazu bei Gesundheit zu erhalten.

Womit auch schon der nächste Punkt seine Einleitung findet: Wie kann man Nährstoffe erhalten?

Die wichtigsten Dinge betreffen zum einen den Einkauf und die Lagerung der Lebensmittel und zum anderen die Zubereitung und Verarbeitung im Haushalt. Diese Punkte stellen erfahrungsgemäß die größten Hürden dar. Um diese zu verringern muss wieder das Wissen über Nahrungsmittel und Pflanzen zu der Bevölkerung finden, die Wertigkeit des Essens beziehungsweise auch der gemeinsamen Essensaufnahme als soziales Ereignis müsste wieder in den Mittelpunkt gestellt werden. Es muss gezeigt werden, dass Gemüse viel

vielfältiger ist und die Zubereitungs- und Geschmacksrichtungen viel breiter gefächert sind, als es Fleisch je sein kann.

Am Beispiel der Tomate wurden der Nutzen einer hohen Lebensmittelqualität und Unterschiede bezüglich der verschiedenen Einflüsse, wie die Sorten und Inhaltsstoffe, vor allem zwischen den Wild- und Kulturformen unter Berücksichtigung der verschiedenen Anbaumethoden präsentiert.

Die Zubereitung der Lebensmittel sollte sehr schonend erfolgen. Die wichtigsten Faktoren sind der Schutz vor Oxidation und/oder Auslaugung. Oxidation kann beispielsweise durch kurze Verarbeitungsprozesse minimiert werden, der Schutz vor Auslaugung erfolgt entweder über die Zubereitungsmethode (schonendes garen, z. B. dämpfen, blanchieren, pochieren), durch den Mitverzehr der Schale, wann immer es möglich ist, oder die Einbindung des Kochfonds in die alltägliche Küche. So kann zum Beispiel aus dem Kochwasser der Kartoffeln im Anschluss eine kräftige Suppe oder eine Gemüsesauce bereitet werden. Es gibt viele Möglichkeiten Lebensmittel zu verarbeiten, ohne alle Nährstoffe zu zerstören, beachtet man zudem noch die pflanzenabhängigen optimalen Lagerungsbedingungen, wird sich die Diskussion betreffend des nährstoffverarmten Gemüses und Obstes rasch verflüchtigen.

Berücksichtigt man diese Punkte, lassen sich sehr viele Dinge bezüglich des Nährstoffgehalts im Zuge der Lagerung und Verarbeitung im Haushalt verbessern. Zusätzlich könnte dies zu einer Optimierung der Nährstoffaufnahme beziehungsweise der Nährstoffversorgung der Bevölkerung beitragen.

7 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit betrachtet unter verschiedenen Aspekten die Bedeutung der Biodiversität pflanzlicher Lebensmittel und ihrer Auswirkungen auf Mensch und Natur.

Einleitend wird ein Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Landwirtschaft seit der Neolithischen Revolution bis zum Einsetzen der Industrialisierung und deren Auswirkungen geboten.

Das ökologische Verhalten des Menschen in der Vergangenheit und dessen Konsequenzen auf das rapide Sterben der Bienenvölker und den damit einhergehenden Verlust an Bestäubungspotential wird in Zusammenhang gebracht.

Mögliche Auswege und Verbesserungen in Bezug auf die Bodenbewirtschaftung beziehungsweise Bodengesundheit sowie Alternativen im Pflanzenanbau werden anhand des Schweizer DOK-Acker dargestellt.

Des Weiteren wird der Mythos der Nährstoffverarmung von Gemüse und Obst diskutiert.

Ökologische Aspekte in Bezug auf Regionalität und Saisonalität sowie der Einfluss der Lagerung und der Zubereitung auf den Nährstoffgehalt, als auch die potentielle Prävention chronischer Erkrankungen einer gemüse- und obstreichen Ernährung werden erläutert.

Am Beispiel der Tomate werden die Unterschiede sowohl der Wild- als auch Kulturformen botanisch, pflanzenphysiologisch und chemisch, im Speziellen der Carotinoide respektive des Lycopins, betrachtet.

8 Summary

This diploma thesis deals among different aspects with the meaning of biodiversity herbal food and their effects on human and nature.

To begin with an overview about the historical development of the agriculture since revolution of Neolithic up to using the industrialisation and their consequences is offered.

The ecological attitude of human in past and its consequences on the rapid death of the colonies of bees is brought in context with a damage of the potential of pollination.

Furthermore the myth of the nutrient impoverishment is discussed by vegetables and fruit.

Possible ways out and improvements concerning the cultivation of land and alternatives in the plant cultivation are shown with the help of the Swiss DOK acre.

Ecological aspects concerning of herbal food grown locally and in season, the influence of the storage and the preparation in reference of nutrient content are explained as well as the potential prevention of chronic diseases based on nutrition rich in vegetables and fruits.

At the example of the wild form as well as cultural form of tomatoes is considered in botanical, plant-physiologically and chemically (inspecially of Carotenoids and Lycopene) way.

9 Literaturverzeichnis

5 am Tag e.V. 2011. 5 am Tag weltweit. [Online] 2011. [Zitat vom: 17. 08. 2012.] <http://www.5amtag.org/index.php?id=420>.

AGARWAL, A. V. und RAO, S. 2000. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Can Med Assoc J.* 2000, Bd. 163, 6, S. 739-744.

AGES. 2012. *Untersuchungen zum Auftreten von Bienenverlusten in Mais- und Rapsanbaugebieten Österreichs und möglicher Zusammenhänge mit Bienenkrankheiten und dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln.* Wien : DAFNE, 2012. Forschungsprojekt Nr. 100472 -Abschlussbericht.

ALBANES, D, HEINONEN, D P und TAYLOR, P R. 1996. Alpha-Tocopherol and Beta-Carotene supplements and lung cancer incidence in the Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cancer Prevention Study. *J Natl Cancer Inst.* 1996, Bd. 88, S. 1560-70.

ARBEITSGRUPPE BIOLOGISCHE VIELFALT. 2011. Biologische Vielfalt und Bildung für nachhaltige Entwicklung: Schlüsselthemen und Zugänge für Bildungsangebote. [Online] 2011. [Zitat vom: 26. 08. 2012.] ISBN 978-3-940785-17-6.

AUST, O., et al. 2003. Supplementation with Tomatobased Products Increases Lycopene, Phytofluene, and Phytoene Levels in Human Serum and Protects Against UV-light-induced Erythema. *Int J Vitam Nutr Res.* 2003, 224, S. 1-7.

BASU, S., et al. 2001. Association between oxidative stress and bone mineral density. *Biochem Biophys Res Commun.* 2001, Bd. 288, S. 275-279.

BAX, ML, et al. 2012. Cooking Temperature Is a Key Determinant of in Vitro Meat Protein Digestion Rate: Investigation of Underlying Mechanisms. *J. Agric. Food Chem.* 2012, 60, S. 2569–2576.

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. 2005. DIE TOMATE - Unser beliebtestes Gemüse. [Online] 2005. [Zitat vom: 17. 06 2012.] <http://www.LfL.bayern.de>.

BEHR, D. 2010. *Schmackhafte Aussichten: Die Zukunft der Lebensmittelversorgung.* Das komplexe Verhältnis zwischen Landwirtschaft und Migration - historischer Rückblick: das Beispiel Irland. Wien : LOIBL, E.; HOPPICHLER, J., 2010. S. 96-97, Fachbericht 63. ISBN: 978-3-85311-095-9.

BEN-DOR, A., et al. 2005. Carotenoids activate the antioxidant response element transcription system. *Mol Cancer Ther.* 2005, 4, S. 177–186.

BENGTTSSON, J., AHNSTRÖM, J. und WEIBULL, A-C. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *J Appl Ecol.* 2005, 42, S. 261–269.

BERGER, E, et al. 2011. *Kupfer als PSM – Strategie für einen nachhaltigen und umweltschonenden Einsatz.* Landwirtschaft. Wien : Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, 2011. S. 87, 2. Zwischenbericht.

BfN . 2010. Warum brauchen wir biologische Vielfalt. *Daten und Fakten*. [Online] 23. 06. 2010. [Zitat vom: 24. 08. 2012.] http://www.bfn.de/0304_fakten.html.

BfR. 2011. Blutdrucksenkung durch weniger Salz in Lebensmitteln. *Stellungnahme Nr. 007/2012 des BfR, MRI und RKI*. [Online] 19. 10. 2011. [Zitat vom: 14. 08. 2012.] <http://www.bfr.bund.de/cm/343/blutdrucksenkung-durch-weniger-salz-in-lebensmitteln.pdf>.

BioFach. 2010. Presseinformation. *Marktbericht: Aufwärtstrend im internationalen Bio-Markt*. [Online] BioFach.de, 10 2010. [Zitat vom: 01. 09 2012.] <http://www.biofach.de/de/presse/presseinformationen/?focus=de&focus2=nxps%3A%2F%2Fnueme%2Fpressnews%2F43629931-7640-425a-830f-cf2ca94a3041%2F%3Ffair%3Dbiofach%26language%3Dde>.

BJELAKOVIC, G., DIMITRINKA, N. und GLUUD, L. L. 2007. Mortality in Randomized Trials of Antioxidant Supplements for Primary and Secondary Prevention: *JAMA*. 297, 2007, 8, S. 842-857.

BLOCK, G. und PATTERSON, B. H. 1992. Fruit, vegetable and cancer prevention: A review of the epidemiological evidence. *Nutrition and Cancer*. 1992, Bd. 18, S. 1-29.

BMELV. 2012. Transparenz auf den Agrarmärkten. [Online] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2012. [Zitat vom: 18. 07. 2012.] <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Ernaehrung/Welternaehrung-FAO/G20-Initiative-Transparenz-Agrarmaerkte.html>.

BOEING, H., et al. 2012. Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *Eur J Nutr*. 2012, Bd. 51, 6, S. 637-663.

—. **2007.** Obst und Gemüse in der Prävention chronischer Krankheiten. *Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e. V.* [Online] 2007. [Zitat vom: 18. 07. 2012.]

—. **2012.** Stellungnahme Gemüse und Obst in der Prävention ausgewählter chronischer Krankheiten. [Online] 2012. [Zitat vom: 17. 08. 2012.] <http://www.dge.de/pdf/ws/DGE-Stellungnahme-Gemuese-Obst-2012.pdf>.

BOFFETTA, P., et al. 2010. Fruit and Vegetable Intake and Overall Cancer Risk in the European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition (EPIC) *J Natl Cancer Inst*. 2010, Bd. 102, S. 1-9.

BÖHLER, G. 2011. Hohe Vitaminverluste beim Lagern, Kühlen und Erwärmen von Lebensmitteln. [Online] 03. 10. 2011. [Zitat vom: 09. 06. 2012.] http://lebensmittelindustrie.com/uploads/artikel_s._10-13_li_dezember_2001.pdf.

BÖHM, V. 2012. Lycopene and heart health. *Mol Nutr Food Res*. 2012, Bd. 56, 2, S. 296–301.

- BÖHM, V., et al. 2002.** Trolox Equivalent Antioxidant Capacity of Different Geometrical Isomers of α -Carotene, β -Carotene, Lycopene, and Zeaxanthin. *J Agric Food Chem.* 2002, Bd. 50, 1, S. 221–226.
- BOILEAU, A. C., et al. 2002.** Bioavailability of all-trans and cis- Isomers of lycopene. *Exp Biol Med.* 2002, Bd. 227, S. 914-919.
- BOTELLA-PAVIA, P. und RODRIGUEZ-CONCEPCION, M. 2006.** Carotenoid biotechnology in plants for nutritionally improved foods. *Physiologia Plantarum.* 2006, 126, S. 369–381.
- BOWEN, D. J., et al. 2003.** Stopping the active intervention: CARET. *Controlled Clinical Trials.* 2003, 24, S. 39–50.
- BRIGELIUS-FLOHE, R. 2009.** Commentary: oxidative stress reconsidered. *Genes Nutr.* 2009, 4, S. 161-163.
- BRITTON, G. 1995.** Structure and properties of carotenoids in relation to function. *FASEB J.* 1995, Bd. 9, 15, S. 1551-1558.
- BROOKES, G. und BARFOOT, P. 2004.** *Co-existence in North American agriculture: can GM crops be grown with conventional and organic crops.* Dorchester, UK : PG Economics, 2004.
- BUND. 2010.** Moorschutz - Ein Beitrag zum Klima- und Naturschutz. [Online] 04 2010. [Zitat vom: 26. 08. 2012.] http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/naturschutz/20100420_naturschutz_moorschutz_standpunkt.pdf.
- BÜRGER, N. 2011.** Natur Sport Info. [Online] Bundesamt für Naturschutz, 2011. [Zitat vom: 26. 08. 2012.] <http://www.bfn.de/natursport/info/SportinfoPHP/infosanzeigen.php?lang=de&z=Lebensraum&code=f32>.
- CHAN, L. Y., et al. 2009.** Isolation and Characterization of Peptides from *Momordica cochinchinensis* Seeds. *J Nat Prod.* 2009, 72, S. 1453–1458.
- CHASSE, G. A., et al. 2001.** An ab initio computational study on selected lycopene isomers. *J Mol Stuc-Theochem* 571, 2001, 27-37. 2001, 571, S. 27-37.
- Chemisches & Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart.** Ökomonitoring Gesamtbericht, 2002 – 2006. [Online] [Zitat vom: 03. 06. 2012.] <http://www.untersuchungsaeemter-bw.de/pdf/oekomonitoring2002-2006.pdf>.
- CLERC, M. und TARAMARCAZ, J. 2011.** Gute Gründe für den Biolandbau. *FiBL - Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Schweiz, Deutschland, Österreich.* [Online] 2011. [Zitat vom: 03. 06. 2012.] www.fibl.org.
- CLINTON, S. K. 1998.** Lycopene: Chemistry, Biology, and Implications for Human Health and Disease - Lead Review Article. *Nutr Rev.* 1998, Bd. 56, 2, S. 35-51.
- COLLE, I., et al. 2010.** Effect of Thermal Processing on the Degradation, Isomerization, and Bioaccessibility of Lycopene in Tomato Pulp. *J Food Sci.* 2010, Bd. 75, 9.

CROSS, A. J., et al. 2007. A prospective study of red and processed meat intake in relation to cancer risk. *PLos Medicine*. 2007, Bd. 4, 12, S. 1973-1984.

DANGOUR, A. D., et al. 2009. Nutritional quality of organic foods: a systematic review. *Am J Clin Nutr*. 2009, Bd. 90, 3, S. 680-685.

DARWIN, S. C., KNAPP, S. und PERALTA, I. E. 2003. Taxonomy of tomatoes in the Galapagos Islands: native and introduced species of *Solanum* section *Lycopersicon* (Solanaceae). *Systematics and Biodiversity*. 2003, Bd. 1, 1, S. 29–53.

DAUCHET, L., AMOUYEL, P. und DALLONGEVILLE, J. 2006. Fruit and vegetable consumption and risk of stroke: a meta-analysis of cohort studies. *Lancet*. 2006, Bd. 367, 9507, S. 320-326.

DAUCHET, L., et al. 2006. Fruit and vegetable consumption and risk of coronary heart disease: a meta-analysis of cohort studies. *J Nutr*. 2006, Bd. 136, S. 2588-2593.

DAVIES, J. N., HOBSON, G. E. und McGLASSON, B. 1981. The constituents of tomato fruit — the influence of environment, nutrition, and genotype. *Critical Rev Food Sci Nutr*. 1981, Bd. 15, 3.

DEWANTO, V., et al. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem*. 2002, Bd. 50, 10, S. 3010-3014.

DGE. 2001. 5 am Tag“-Kampagne: Wissenschaftliche Begründung. [Online] 01. 07. 2001. [Zitat vom: 17. 08. 2012.] <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=290>.

—. **2012.** Gemüse und Obst in der Prävention ausgewählter chronischer Krankheiten. [Online] 2012. [Zitat vom: 12. 08. 2012.] <http://www.dge.de/pdf/ws/DGE-Stellungnahme-Gemuese-Obst-2012.pdf>.

—. **2007.** Sind Pestizidrückstände in Gemüse und Obst ein Problem? Ist Bio besser? [Online] 27. 09. 2007. [Zitat vom: 24. 08. 2012.] <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=756>.

DGVN. 2012. Themenschwerpunkt Biodiversität. [Online] 2012. [Zitat vom: 24. 08. 2012.] <http://www.dgvn.de/biodiversitaet.html>.

—. **1992.** Übereinkommen über die biologische Vielfalt. *Übersetzung BMU*. [Online] 1992. [Zitat vom: 24. 08. 2012.] http://www.dgvn.de/fileadmin/user_upload/DOKUMENTE/UN-Dokumente_zB_Resolutionen/UEbereinkommen_ueber_biologische_Vielfalt.pdf.

DI MASCIO, P., KAISER, S. und SIES, H. 1989. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. *Arch Biochem Biophys*. 1989, 274, S. 532-538.

DI MASCIO, P., MURPHY, M. E. und SIES, H. 1991. Antioxidant defense systems: the role of carotenoids, tocopherols, and thiols. *Am J Clin Nutr*. 1991, 53, S. 194-200.

DUTZ, M. und SILBERMAN, J. 1994. Building Capabilities: A Marshall Plan type Productivity Enhancement Program for Eastern Europe and the former Soviet Union. [Online] 02. 1994. [Zitat vom: 27. 08. 2012.] <http://www.ihs.ac.at/publications/eco/east/ro-3.pdf>.

DUWE, K. 2012. Pflanzen Lexikon. *Die Pflanzen der Welt von A bis Z*. [Online] 27. 02. 2012. [Zitat vom: 24. 06. 2012.] http://www.pflanzenlexikon.com/box/Solanum_lycopersicum.html.

EFSA. 2012. Pestizide und Bienengesundheit: EFSA wertet wissenschaftliche Erkenntnisse aus. *Webnachricht*. [Online] 23. 05. 2012. [Zitat vom: 27. 08. 2012.] <http://www.efsa.europa.eu/de/press/news/120523a.htm>.

—. **2008.** Scientific Opinion of the Panel on Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the European Commission on the safety of synthetic lycopene. *The EFSA Journal*. 2008, 676, S. 1-25.

EILERS, E. J., et al. 2011. Contribution of Pollinator-Mediated Crops to Nutrients in the Human Food Supply. *PLoS ONE*. 2011, Bd. 6, 6, S. e21363.

ELMADFA, I., et al. 2009. *Österreichischer Ernährungsbericht 2008*. [Hrsg.] Institut für Ernährungswissenschaften. 1. Auflage. Wien : BMfG, 2009. ISBN 978-3-901861-99-4.

Enzyklo - Online Enzyklopädie. [Online] [Zitat vom: 15. 08. 2012.] <http://www.enzyklo.de/Begriff/Heinrich%20Wackenroder>.

ESMAILLZADEH, A., et al. 2006. Fruit and vegetable intakes, C-reactive protein, and the metabolic syndrome. *Am J Clin Nutr*. 2006, 84, S. 1489 –1497.

EUROSTAT. 2008. Statistik zum Pro-Kopf-Verbrauch von Obst und Gemüse in der EU (2000-2008). [Online] 2008. [Zitat vom: 18. 07. 2012.] <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>.

FAO. 2012. FAOSTAT. [Online] 2012. [Zitat vom: 12. 08. 2012.] <http://faostat.fao.org/>.

—. **2010.** FAOSTAT. [Online] 2010. [Zitat vom: 16. 07. 2012.] <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.

—. **1997.** *The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture*. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1997.

FAO, WFP and IFAD. 2012. *The State of Food Insecurity in the World 2012. Economic growth is necessary but not sufficient to accelerate reduction of hunger and malnutrition*. Rome : FAO, 2012.

FENG, D., LING, W-H und DUAN, R-D. 2010. Lycopene suppresses LPS-induced NO and IL-6 production by inhibiting the activation of ERK, p38MAPK, and NF- κ B in macrophages. *Inflamm Res*. 2010, Bd. 59, 2, S. 115–121.

FERNANDEZ-GARCIA, E., et al. 2012. Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. *Food Res Int*. 2012, Bd. 46, 2, S. 438–450.

FLIESSBACH, A. und MÄDER, P. 2006. DOK-Versuch Leistungsfähigkeit der Bio-Systeme. [Online] 2006. [Zitat vom: 16. 07. 2012.] <http://www.agroscope.admin.ch/aktuell/02720/02722/02771/02772/index.html?lang=de>.

FLIESSBACH, A., et al. 2000. Erkenntnisse aus 21 Jahren DOK-Versuch. *FiBL - Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Schweiz, Deutschland, Österreich*. [Online] 2000. [Zitat vom: 03. 06. 2012.] www.fibl.org. 3-906081-06-0.

FORDHAM, I. M., et al. 2001. Fruit of Autumn Olive: A Rich Source of Lycopene. *HortScience October*. 2001 2001, Bd. 36, 6, S. 1136-1137.

FRASER, P. D., ENFISSI, E. M.A und BRAMLEY, P. M. 2009. Genetic engineering of carotenoid formation in tomato fruit and the potential application of systems and synthetic biology approaches. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2009, Bd. 483, 2, S. 196-204.

FREITAG, J. 2010. Pflanzenforschung.de. *Das Webportal zur deutschen Pflanzenforschung*. [Online] Deutsches Pflanzengenomforschungsprogramm (GABI), 31. 01. 2010. [Zitat vom: 24. 06. 2012.] <http://www.pflanzenforschung.de/tomate>.

FRIEDMAN, M. 2002. Tomato glycoalkaloids: role in the plant and in the diet. *J Agric Food Chem*. 2002, Bd. 50, 21, S. 5751-5780.

GAJIC, M., et al. 2006. Apo-8'-Lycopenal and Apo-12'-Lycopenal Are Metabolic Products of Lycopene in Rat Liver. *J Nutr*. 2006, 136, S. 1552-1557.

GALANO, A., VARGAS, R. und MARTINEZ, A. 2010. Carotenoids can act as antioxidants by oxidizing the superoxide radical anion. *Phys Chem Chem Phys*. 2010, 12, S. 193-200.

GALLAI, N., et al. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*. 68, 2009, S. 810-821.

GIOVANNUCCI, E. 1999. Tomatoes, Tomato-Based Products, Lycopene, and Cancer: Review of the Epidemiologic Literature. *JNCI J Natl Cancer Inst*. 1999, Bd. 91, 4, S. 317-331.

GIOVANNUCCI, E., et al. 1994. Intake of fat, meat and fiber in relation to risk of colon cancer in men. *Cancer Research*. 1994, Bd. 54, 9, S. 2390-2397.

GOODMAN, G. A., et al. 2004. The Beta-carotene and Retinol Efficacy Trial: Incidence of lung cancer and cardiovascular disease mortality during 6-year follow-up after stopping beta-carotene and retinol supplements. *J Natl Cancer Inst*. 2004, 96, S. 1743-1750.

GOURANTON, E., et al. 2011. Lycopene inhibits proinflammatory cytokine and chemokine expression in adipose tissue. *J Nutr Biochem*. 2011, Bd. 22, 7, S. 642-648.

GRUBER, M. 2008. Forum.Ernährung heute. [Online] 03. 12. 2008. [Zitat vom: 15. 07. 2012.] <http://www.forum->

ernaehrung.at/cms/feh/presse_artikel.html?ctx=CH0076&doc=CMS1228379788743.

HAERLIN, B. 2012. Weltagrarbericht. *Saatgut und Patente auf Leben*. [Online] Zukunftsstiftung Landwirtschaft, 2012. [Zitat vom: 04.. 07 2012.] Förderung Agrarpolitik und Ernährungssicherung des BMZ und der GTZ. <http://www.weltagrarbericht.de/themen-des-weltagrarberichtes/saatgut-und-patente-auf-leben.html>.

HALLMANN, E. und REMBIALKOWSKA, E. 2007. Comparison of the Nutritive Quality of Tomato Fruits from Organic and Conventional Production in Poland. [Online] 2007. [Zitat vom: 01. 09. 2012.] <http://orgprints.org/9944/>.

HE, F. J., et al. 2007. Increased consumption of fruit and vegetables is related to a reduced risk of coronary heart disease: Meta-Analysis of cohort studies. *J Hum Hypertens*. 2007, Bd. 21, S. 717–728.

HEGER, A., et al. 2010. Gesundheitliche Effekte von Lycopin. *Ernährung/Nutrition*. 2010, Bd. 34, 7/8, S. 306-322.

HEIDEMANN, C., et al. 2008. Dietary patterns and risk of mortality from cardiovascular disease, cancer, and all causes in a prospective cohort of women. *Circulation*. 118, 2008, 3, S. 230–237.

HÖHN, E, et al. 2004. War Gemüse früher wirklich nährstoffreicher? *AGRAR Forschung*. 2004, Bd. 11, 1, S. 22-27.

HOPPICHLER, J. 2010. Bundesanstalt für Bergbauernfragen. Wien : LOIBL, E.; HOPPICHLER, J.,; 2010. S. 29-38, Forschungsbericht 63.

—. 2010. *Schmackhafte Aussichten: Die Zukunft der Lebensmittelversorgung*. Landwirtschaft mit Aussicht: Die lange Geschichte der Landwirtschaft - kurz erzählt. Wien : LOIBL, E.; HOPPICHLER, J.,; 2010. S. 29-38, Fachbericht 63. ISBN: 978-3-85311-095-9.

HUNTER, W. N. 2007. The non-mevalonate pathway of isoprenoid precursor biosynthesis. *J Biol Chem*. 2007, 282, S. 21573-21577.

Informationszentrum der Vereinten Nationen. 2003. Pressemitteilung UNIC/584. [Online] 21. 05. 2003. [Zitat vom: 24. 08. 2012.] http://www.cms.int/pdf/en/nw_unic220503.pdf.

ISHIDA, B. K., et al. 2004. Fatty acids and carotenoid composition in gac (*momordica cochinchinensis spreng*) fruit. *J Agr Food Chem*. 2004, Bd. 52, S. 274–279.

JACOB, K., et al. 2008. Influence of lycopene and vitamin C from tomato juice on biomarkers of oxidative stress and inflam. *Br J Nutr*. 2008, 99, S. 137–146.

JECFA. 2006. Sixty-seventh meeting, Rome, 20-29 June 2006, Summary and conclusions. [Online] 07. 07. 2006. [Zitat vom: 21. 05. 2012.] ftp://ftp.fao.org/ag/agn/jecfa/jecfa67_final.pdf.

JENAB, M., et al. 2005. Variations in lycopene blood levels and tomato consumption across European countries based on the European prospective

investigation into cancer and nutrition (EPIC) study. *J Nutr.* 2005, Bd. 135, 8, S. 2032-2036.

JOHNSON, E. J., et al. 1997. Ingestion by men of a combined dose of β -carotene and lycopene does not affect the absorption of β -carotene but improves that of lycopene. *J Nutr.* 1997, Bd. 127, S. 1833–1837.

KESSY, H. H., ZHANG, H. und ZHANG, L. 2011. A study on thermal stability of lycopene in tomato in water and oil food systems using response surface methodology. *Int J Food Sci Tech.* 2011, Bd. 46, S. 209–215.

KHACHIK, F., et al. 2002. Chemistry, Distribution, and Metabolism of Tomato Carotenoids and Their Impact on Human Health. *Exp Biol Med.* 2002, Bd. 227, 10, S. 845-851.

KHAN, N., AFAQ, F. und MUKHTAR, H. 2008. Cancer chemoprevention through dietary antioxidants: progress and promise. *Antioxid. Redox Signaling.* 2008, Bd. 10, 3, S. 475-510.

KIEFER, I. und WOLF, A. 2008. Ernährung und Lebensstil in der Krebsprävention. *Journal für Ernährungsmedizin.* 2008, Bd. 10, 2, S. 6-14.

KLEIN, E. A., et al. 2003. SELECT: the selenium and vitamin E cancer prevention trial. *Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations.* 21, 2003, S. 59-65.

KOPSELL, D. A. und KOPSELL, D. E. 2006. Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops. *Trends in Plant Science.* 2006, Bd. 11, 10, S. 499-507.

KOZUKUE, N., et al. 2004. Dehydrotomatine and alpha-Tomatine Content in Tomato Fruits and Vegetative Plant Tissues. *J Agric Food Chem.* 2004, Bd. 52, 7, S. 2079-2083.

KRINSKY, N. I. 1993. Actions of carotinoids in biological systems. *Annu Rev Nutr.* 1993, 13, S. 561-587.

LARSSON, S. C., et al. 2005. Red meat consumption and risk of cancers of the proximal colon, distal colon and rectum: The Swedish Mammography Cohort. *Int J Cancer.* 13, 2005, 5, S. 829–834.

Lebensministerium. 2012. *Grüner Bericht.* Wien : Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2012. S. 338, Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft.

LEDOCHOWSKI, M. 2011. Wenn Brot und Getreide krank machen. *Presseservice.* [Online] Georg Thieme Verlag KG, 03. 2011. [Zitat vom: 18. 07. 2012.] <http://www.thieme.de/SID-110753B0-46463F57/presseservice/32798.html>.

LIVNY, O., et al. 2002. Lycopene Inhibits Proliferation and Enhances Gap-Junction Communication of KB-1 Human Oral Tumor Cells. *J Nutr.* 2002, Bd. 132, 12, S. 3754-3759.

- LOECK, E. 2007.** Marktübersicht: Kurzdarstellung Nahrungsergänzungsmittel und ergänzende bilanzierte Diäten. [Online] 2007. [Zitat vom: 12. 07. 2012.] http://www.behrs.de/media/catalog/product/5/7/575_lp.pdf. 9783899474411.
- LU, S. und LI, L. 2008.** Carotenoid Metabolism: Biosynthesis, Regulation, and Beyond. *J Integr Plant Biol.* 2008, Bd. 50, 7, S. 778-785.
- MÄDER, P., et al. 2002.** Bodenfruchtbarkeit und biologische Vielfalt im ökologischen Landbau. *Ökologie & Landbau.* 2002, Bd. 124, 4, S. 12-16.
- MÄDER, P., et al. 2009.** Klimaneutraler Acker- und Gemüsebau - Auswirkungen von reduzierter Bodenbearbeitung und Gründüngungen auf Bodenfruchtbarkeit, Klima und Ökonomie – bisherige Erkenntnisse und aktuelle Versuche. *FiBL - Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Schweiz, Deutschland, Österreich.* [Online] 2009. [Zitat vom: 12. 06. 2012.] www.fibl.org.
- MAIANI, G., et al. 2009.** Carotenoids: Actual knowledge on food sources intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Mol Nutr Food Res.* 2009, Bd. 53, S. 194-218.
- MATTHES, B. 1999.** Solanum lycopersicum als Heilpflanze. *Der Merkurstab.* 52, 1999, S. 57-67.
- MAYER, A M. 1997.** Historical changes in the mineral content of fruits and vegetables. *British Food Journal.* 1997, 1997, Bd. 99, 6, S. 207-211.
- McAFEE, A. J., et al. 2010.** Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science.* 84, 2010, S. 1–13.
- MEYER, K. 2002.** Farbenfrohe Antioxidantien Carotinoide – Bedeutung und technische Synthesen. *Chemie in unserer Zeit.* 2002, Bd. 36, 3, S. 178-192.
- NAKAZATO, T. und HOUSWORTH, E. A. 2011.** Spatial genetics of wild tomato species reveals roles of the Andean geography on demographic history. *Am J Bot.* 2011, Bd. 98, 1, S. 88-98.
- NCI. 2006.** 5 A Day for Better Health Program Evaluation Report: Executive Summary. [Online] 1. 03. 2006. [Zitat vom: 17. 08. 2012.] http://cancercontrol.cancer.gov/5ad_exec.html.
- NGUYEN, S. J. und SCHWARTZ, M. L. 1999.** Lycopene: chemical and biological properties. *Food Technol.* 1999, 53, S. 38-45.
- NIGGLI, U. und FLIESSBACH, A. 2009.** Gut fürs Klima? Ökologische und konventionelle Landwirtschaft im Vergleich. *Der kritische Agrarbericht 2009.* [Online] 2009. [Zitat vom: 12. 06. 2012.] http://www.kritischer-agrarbericht.de/fileadmin/Daten-KAB/KAB-2009/Niggli_Fliessbach.pdf.
- NORAT, T., et al. 2005.** Meat, Fish, and Colorectal Cancer Risk: The European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *J Nat Canc Inst.* 97, 2005, 12, S. 906–916.
- OBERHOLZER, H. R., et al. 2009.** Einfluss von biologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf biologische Bodenqualitätsparameter: Entwicklungen im DOK Langzeitversuch nach pH-Regulierung. [Online] 2009.

[Zitat vom: 14. 07. 2012.]
http://orgprints.org/view/projects/int_conf_2009_wita.html.

ÖGE. 2007. Das Vitamin-Paradoxon. [Online] 10. 01. 2007. [Zitat vom: 14. 07. 2012.] <http://www.oege.at/>.

OKAJIMA, E., et al. 1997. Chemopreventive efficacy of piroxicam administered alone or in combination with lycopene and beta-carotene on the development of rat urinary bladder carcinoma after N-butyl-N-(4-hydroxybutyl)nitrosamine treatment. *Jpn J Cancer Res.* 1997, 88, S. 543–552.

OMENN, G S, GOODMAN, G E und THORNQUIST, M D. 1996. Riskfactors for lung cancer incidence and intervention effects in CARET, the Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial. *J Natl Cancer Inst.* 1996, 1996, Bd. 88, S. 1550-9.

PALME, W. 2011. Die neue Vielfalt der Spezialgurken: Entdeckungen – Erfahrungen – Ergebnisse. [Hrsg.] Ländliches Fortbildungsinstitut Österreich. *Biogemüsefibel.* 2011.

PALME, W., KIEFER, S. und TILLINGER, N. 2007. Der Einfluss von Sortenwahl, Kultur- und Vermarktungsverfahren auf die innere Qualität von Tomaten. *DaFNE - Datenbank für Forschung zur Nachhaltigen Entwicklung.* [Online] 2007. [Zitat vom: 21. 05. 2012.] http://www.dafne.at/dafne_plus_homepage/index.php?section=dafneplus&content=result&come_from=&&project_id=1034.

PERALTA, I.E., KNAPP, S. und D.M., SPOONER. 2005. New Species of Wild Tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: *Solanaceae*) from Northern Peru. *Systematic Botany.* 2005, Bd. 30, 2, S. 424–434.

PETO, R, et al. 1981. Can dietary b-Carotene materially reduce human cancer rates. *Nature.* 1981, 1981, Bd. 290, S. 201-8.

PIFFNER, L. und BALMER, O. 2009. *Biolandbau und Biodiversität.* Frick : FIBL, 2009. ISBN-Nr. 978-3-03736-172-6.

RAO, A. V. und RAO, L. G. 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacol Res.* 2007, Bd. 55, 3, S. 207-216.

REDLICH, C. A., et al. 1999. Effect of long-term beta-carotene and vitamin A on serum cholesterol and triglyceride levels among participants in the Carotene and Retinol Efficacy Trial (CARET). *Atherosclerosis.* 1999, Bd. 145, S. 425–432.

REEDY, J., et al. 2007. Mediterranean Dietary Pattern and Prediction of All-Cause Mortality in a US Population: Results From the NIH-AARP Diet and Health Study. *Arch Intern Med.* 2007, Bd. 167, 22, S. 2461-2468.

RIBOLIA, E., et al. 2002. European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC): study populations and data collection. *Public Health Nutr.* 2002, 5, S. 1113-1124.

RONEN, G., et al. 1999. Regulation of carotenoid biosynthesis during tomato fruit development: expression of the gene for lycopene epsilon-cyclase is down regulated during ripening and is elevated in the mutant Delta. *The Plant Journal.* 1999, Bd. 17, 4, S. 341-351.

SANCHEZ-MORENO, C., et al. 2006. Mediterranean vegetable soup consumption increases plasma vitamin C and decreases F2-isoprostanes, prostaglandin E2 and monocyte chemotactic protein-1 in healthy humans. *J Nutr Biochem.* 2006, 17, S. 183–189.

SCHATZKIN, A., et al. 2001. Design and Serendipity in Establishing a Large Cohort with Wide Dietary Intake Distributions: the National Institutes of Health-American Association of Retired Persons Diet and Health Study. *Am J Epidemiol.* 154, 2001, 12, S. 1119-1125.

SCHIERLE, J., et al. 1997. Content and isomeric ratio of lycopene in food and human blood plasma. *Food Chem.* 1997, Bd. 59, 3, S. 459-465.

SGHERRI, C., et al. 2008. Irrigation with Diluted Seawater Improves the Nutritional Value of Cherry Tomatoes. *J. Agric. Food Chem.* 2008, 56, S. 3391–3397.

SHI, J. und LE MAGUER, M. 2000. Lycopene in Tomatoes: Chemical and Physical Properties Affected by Food Processing. *Food Sci Nutr.* 2000, Bd. 40, 1, S. 1-42.

SHIN, A., et al. 2007. Meat and meat-mutagen intake, doneness preference and the risk of colorectal polyps: the Tennessee Colorectal Polyp Study. *Int J Cancer.* 121, 2007, 1, S. 136–142.

SILASTE, M-L, et al. 2007. Tomato juice decreases LDL cholesterol levels and increases LDL resistance to oxidation. *Br J Nutr.* 2007, Bd. 98, 6, S. 1251-1258.

SPIEKERMANN, U. 1997. Nahrung und Ernährung im Industriezeitalter. *Ein Rückblick auf 25 Jahre historisch-ethnologischer Ernährungsforschung (1972-1996).* [Online] 1997. [Zitat vom: 25. 08. 2012.] http://ernaehrungsdenkwerkstatt.de/fileadmin/user_upload/EDWText/TextElemente/Publikationen/171_OLT_Ernaehrungsverhaltensmaterialien_BFE_Bericht_1997_2_Spiekermann_Historisch.pdf.

SY, C., et al. 2012. Effects of physicochemical properties of carotenoids on their bioaccessibility, intestinal cell uptake, and blood and tissue concentrations. *Mol Nutr Food Res.* 2012, Bd. 56, 9, S. 1385–1397.

TAKACHI, R., et al. 2008. Fruit and Vegetable Intake and Risk of Total Cancer and Cardiovascular Disease. *Am J Epidemiol.* 2008, Bd. 167, 1, S. 59-70.

TAN, J. S., WANG, J. J. und FLOOD, V. 2008. Dietary antioxidants and the long-term incidence of age-related macular degeneration: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology.* 2008, Bd. 115, 1, S. 334–341.

TEPPNER, H. 1993. Die Tomate - Verwandtschaft, Geschichte, Blütenökologie. *Kataloge des oberöstr. Landesmuseums.* 1993, Bd. 61, S. 189-211 .

TEUTEBERG, H. J. 1983. *Zum Problemfeld Urbanisierung und Ernährung im 19. Jahrhundert.* Köln/Wien : Böhlau, 1983. Bde. Städteforschung, Bd. 16. ISBN: 3412005827.

The Alpha-Tocopherol Beta-Carotene Cancer Prevention Study Group. 1994. The effect of vitamin E and beta carotene on the incidence of lung cancer and other cancers in male smokers. *N Engl J Med.* 330, 1994, S. 1029–1035.

THEN, C. und TIPPE, R. 2011. *Das Saatgutkartell auf dem Vormarsch - Patentanmeldungen und Patenterteilungen im Bereich der Pflanzen- und Tierzucht im Jahr 2010.* s.l. : No Patents On Seeds, 2011.

THOMPSON, H. J., et al. 2006. Dietary botanical diversity affects the reduction of oxidative biomarkers in women due to high vegetable and fruit intake. *J Nutr.* 2006, 136, S. 2207–2212.

TÖRNWALL, M. E., et al. 2004. Effect of α -tocopherol and β -carotene supplementation on coronary heart disease during the 6-year post-trial follow-up in the ATBC study. *European Heart Journal.* 2004, 25, S. 1171–1178.

TOSSIOS, P. und MEHLHORN, U. 2004. Freie Radikale und Antioxidantien in der Herzchirurgie. *Blickpunkt der Mann.* 2004, Bd. 2, 3, S. 36-39.

UMWELTINSTITUT MÜNCHEN. Der Ausverkauf der Artenvielfalt. [Online] [Zitat vom: 26. 08. 2012.] <http://umweltinstitut.org/biodiversitat/interaktiv/ausverkauladen-777.html>.

United Nations. 1992. Convention on biological diversity. [Online] 05. 06. 1992. [Zitat vom: 24. 08. 2012.] <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>.

USDA. National Nutrient Database for Standard Reference. [Online] [Zitat vom: 08. 09. 2012.] <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3289?fg=&man=&facet=&count=&max=&sort=&qlookup=&offset=&format=Full&new=>.

VOGELSANG, H. 2008. Zöliakie: Tendenz steigend. *JFE.* 2008, Bd. 10, 3, S. 12-15.

VUONG, L. T., DUEKER, S. R. und MURPHY, S. P. 2002. Plasma β -carotene and retinol concentrations of children increase after a 30-d supplementation with the fruit *Momordica cochinchinensis* (gac). *Am J Clin Nutr.* 2002, Bd. 75, 5, S. 872-879.

WATZL, B. und BUB, A. 2001. Carotinoide. *Ernährungs-Umschau.* 2001, Bd. 48, 2, S. 71-74.

WCRF. 1997. *Food, Nutrition, and the Prevention of Cancer: A Global Perspective.* World Cancer Research Fund. Washington, DC : American Institute for Cancer Research, 1997. Expert Report.

—. **2007.** *Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective.* AICR. Washington, DC : s.n., 2007.

—. **2012.** Reduce your cancer risk - 10 ways to a healthier you. [Online] 2012. [Zitat vom: 11. 08. 2012.] <http://www.wcrf-uk.org/PDFs/Reduce-Your-Cancer-Risk-10-Ways.pdf>.

WEI, E. K., et al. 2004. Comparison of risk factors for colon and rectal cancer. *Int J Cancer.* 108, 2004, Bd. 3, S. 433–442.

WEISS, C. 2007. Glykoalkaloide in Kartoffeln und Tomaten. *Ernährungs Umschau.* 2007, 54, S. 474-477.

WHO. 2008. Action Plan for the Global Strategy for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases 2008 - 2013. [Online] 2008. [Zitat vom: 12. . 07. 2012.] <http://www.who.int/nmh/Actionplan-PC-NCD-2008.pdf>.

—. **2011.** *Global status report on noncommunicable diseases 2010*. Geneva : World Health Organization, 2011. S. 209. ISBN 978 92 4 150228 3.

—. **2012.** Media Centre. *Obesity and Overweight - Fact Sheet Nr. 311*. [Online] 2012. [Zitat vom: 11. 08. 2012.] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html>.

—. **2012.** Micronutrient deficiencies. [Online] 2012. [Zitat vom: 26. 07. 2012.] <http://www.who.int/nutrition/topics/vad/en/>.

—. **2003.** Technical Report Series 916. [Online] 2003. [Zitat vom: 19. 07. 2012.] http://whqlibdoc.who.int/trs/who_trs_916.pdf.

WINTER, C. K. und DAVIS, S. F. 2006. Organic Food. *J Food Sci.* 2006, Bd. 71, 9, S. 117-124.

WUNDERLICH, S. M., et al. 2008. Nutritional quality of organic, conventional, and seasonally grown broccoli using vitamin C as a marker. *Int J Food Sci Nutr.* 2008, Bd. 59, 1, S. 34-45.

YUAN, J-M, et al. 2004. Prediagnostic Levels of Serum Micronutrients in Relation to Risk of Gastric Cancer in Shanghai, China. *Canc Epidem Biomar Prev.* 2004, Bd. 13, 11, S. 1772–1780.

ZECHMEISTER, L. 1944. Cis-trans isomerization and stereochemistry of carotinoids and diphenylpolyenes. *Chem Rev.* 1944, 34, S. 267-344.

Zentrum für Umweltkommunikation. 2012. UN-Dekade Biologische Vielfalt von 2011 bis 2020. [Online] Deutsche Bundesstiftung Umwelt, 2012. [Zitat vom: 24. 08. 2012.] <http://www.un-dekade-biologische-vielfalt.de/>.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung dieser Bilder in der Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

LEBENS LAUF

Walter Krenn

geboren am 15. August 1976 in Wien,

e-mail: a0204710@unet.univie.ac.at

Ausbildung:

10/2002 – <i>laufend</i>	Diplomstudium der Ernährungswissenschaften, Wien
06/1997	Reifeprüfung
1991 – 1997	Höhere Lehranstalt f. Betriebs- u. Ernährungswirtschaft,
1990 – 1991	HLA, Fachschule f. Betriebs- u. Ernährungswirtschaft,
1986 – 1990	Bundesrealgymnasium
1982 – 1986	Volksschule

Beruflicher Werdegang:

10-11/2012	Filmarchiv ; Viennale, Metro-Kino, Grünstern
07-08/2012	Filmarchiv ; Freiluftkino Augarten, Grünstern
05/2012 - <i>laufend</i>	Willmann Kochen (Martina Willmann), Wien
06/2011	Gasthaus Pöschl , Wien
03/2010 – 08/2010	Restaurant Essentièl , Perchtoldsdorf
09/2008 – 07/2009	Oswald & Kalb , Wien
02/2008	BioAustria , Messe „BioFach“ Nürnberg, Show-Kochen
2006/2007	NÖ Wirtshausaktion , „Tut gut“-Seminare
07/2006 – 07/2007	Oswald & Kalb , Wien
07/2003 – 09/2003	Do&Co (Formel 1, Beach Volleyball, Hangar 7 Eröffnung,...)
Seit 2003 - <i>laufend</i>	Schönbrunner Seminare
02/2002 – 11/2002	Heuriger Zahel , Wien
06/2001 – 01/2002	Hotel am Stephansplatz , Wien
04/2000 – 10/2000	Restaurant Tempel , Wien
10/1999 – 01/2000	Restaurant Freud , Feldbach/Steiermark
10/1998 – 09/1999	Weibels Wirtshaus , Wien
10/1997 – 09/1998	Präsenzdienst, Wiener Rotes Kreuz , Wien
07/1997 – 09/1997	Restaurant Schinakl , Wien
10/1994 – 03/1997	Schloss Wilhelminenberg , Wien

Weiterbildung und Praktika:

10/2011	Babytag; Beziehung-Bindung-Ernährung-Entwicklung, AGES
09/2001	Fortbildungsseminar „Allgemeine Lebensmittelhygiene“, Freier Wirtschaftsverband Wien
06/1994 – 08/1994	Hotelpraxis im Rahmen der Ausbildung HBLA (3 Monate) Schloss Wilhelminenberg , Wien
08/1991	Büropraxis im Rahmen der Ausbildung HBLA (1 Monat) Alu König Stahl , Wien

Mitwirkung/Leitung diverser Veranstaltungen:

03/2012	Messe „20 Jahre blühendes Österreich“ , für Klarlbau (Showkochen, Schwerpunkt Chili), Messezentrum Wels
01/2012	Ja! Natürlich (Workshops) , Future Food Studio, Wien
12/2011 - <i>laufend</i>	Willmann Kochen , Mitarbeit oder Leitung Kochkurse, Food-Styling, Catering, Wien
11/2011	Tischgespräch Jasper Juul im Gespräch mit Hanni Rützler , Future Food Studio, Wien
11/2011	Junior City Farming , Gewinnerkochkurs mit Kindern, Gartenbauschule Schönbrunn, Wien
11/2011	Initiative Zukunft Ernährung , anlässlich der Award-verleihung: Zukunft Ernährung, Museumsquartier, Wien
10/2011	Arche Noah , Lupinen-Degustationsmenü, Altrei, Südtirol
09-10/2011	Ja! Natürlich (Workshops) , Future Food Studio, Wien
09/2011	Gärtnerei Bach , Tag der offenen Tür, (Showkochen), Wien
06/2011	Meierhof Hoffest, H. Hamader, St. Bernhard, Niederösterreich
06/2010	H. Rützler „Food Change“, Future Food Studio Wien, (Buchpräsentationen)
03/2010	H. Hamader „Das neue Getreidekochbuch“, (Buchpräsentationen), Wien und Preßbaum
04/2010	FGÖ „Kochen mit Gemüse“, Forum Gesundes Österreich, (Buchpräsentationen)
09/2010	City Farmer , Gartenbauschule Schönbrunn (Gewinnerkochkurs)
09/2009	Soundperformance mit Nachtschattengewächsen – Kochkunst , MAK-Nite, Wien
02/2008	Messe „BioFach“, Nürnberg; für BioAustria (Showkochen)
2005 – 2007	NÖ Wirtshausaktion „Tut gut“-Seminare
Seit 2003	Schönbrunner Seminare , Dipl.-Ing. W. Palme, J. Reisinger
Seit 1995	Mitarbeit Catering- und Eventveranstaltungen mit J. Reisinger für diverse Firmen sowie Privatpersonen